

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

ANÁLISE DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS ATRAVÉS DO MÉTODO *INPUT-OUTPUT*: ESTUDO DE CASO LAGOA ITAPEVA (SISTEMA LAGUNAR COSTEIRO DO RIO GRANDE DO SUL

Claudio Luis Crescente Frankenberg

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia.

Porto Alegre, maio de 2004.

“...os contornos distantes do possível surgem mais nítidos e mais minuciosos quando um conhecimento e uma compreensão maiores se concentram sobre o assunto.”

LEONTIEF (1977)

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob Orientação do Prof. Dr. David M. L. da Motta Marques da Universidade Federal do rio Grande do Sul.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. David. M. L. da Motta Marques pela oportunidade, a confiança, as dicas valiosas, a compreensão nos momentos difíceis e principalmente pela paciência.

A Dr. Luciana de Souza Cardoso, que além de colega foi responsável pelos dados que tornaram este trabalho possível, agradeço não só por estes mas pelas saídas de campo e a força em todas as etapas na execução desta tese, as quais foram fundamentais.

A colega Simone Giovannini, por ter me ouvido, discutido e partilhado conhecimento, angústias e alegrias.

Ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas, pelo suporte administrativo e educacional, principalmente a Prof. Dra. Edith Beatriz Camaño Schetini a Sra. Nadir Solari.

A todos os professores, alunos e funcionários da Faculdade de Engenharia da PUCRS, em especial ao Departamento de Engenharia Química que me apoiaram e me incentivaram nos momentos mais difíceis desta jornada. Em especial, a todos os meus bolsistas e alunos que deixei, durante estes anos, muitas vezes sem dar toda atenção que mereciam.

Aos Professores Eduardo Giugliani pela confiança, José Nicoletti Filho pelo estímulo e Gerti Weber Brum pelo apoio e força.

A Prof^a Marlize Cantelli por dividir as horas de angústia e pelo apoio nos momentos de dúvida.

A André Luiz Sparano Camargo, Ana Paula de Paulo Ribeiro e Maria da Graça Campolongo Coiro pela reprodução de figuras, ajuda nos apertos informáticos, xerox, telefonemas, impressões e tudo mais que foi necessário para o desenvolvimento do nosso trabalho.

A Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da PUCRS pelo apoio no nome de seu Pró-Reitor Prof. Dr. Urbano Zilles.

A todo o grupo do IMA (Instituto do Meio Ambiente da PUCRS), pelo carinho e força, principalmente ao Prof. Dr. Jorge Alberto Villwock e ao Prof. Msc. Gilson Spanemberg, que além de colegas são grandes amigos.

A minha família, meu pai, minha mãe, irmã, sobrinhos e principalmente a minha tia Francisca Vezzano Cunha que apesar de não estar mais aqui para ver este trabalho concluído sempre acreditou nele.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente me auxiliaram na realização deste trabalho, e a todas deixo aqui meu muito obrigado e desejo algum dia poder retribuir-lhes, ou estar em posição de poder ajudar outras pessoas no mesmo modo.

E por fim, gostaria de agradecer a três pessoas importantes não só na ajuda física na elaboração do trabalho, mas por terem compartilhado de cada momento e ajudado em todos aqueles que foram complicados e muito difíceis de ultrapassar. Muito obrigado a Thereza Cristina Rodrigues, Georgina Rodrigues Morsch e principalmente a Luismar Fabiano Evangelista. Amo muito vocês.

ANÁLISE DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS ATRAVÉS DO MÉTODO *INPUT-OUTPUT*: ESTUDO DE CASO LAGOA ITAPEVA (SISTEMA LAGUNAR COSTEIRO DO RIO GRANDE DO SUL)

RESUMO

A enorme complexidade dos sistemas ecológicos tem sido uma grande barreira para a compreensão e o gerenciamento da problemática ambiental. Neste sentido a modelagem matemática é uma valiosa ferramenta, devido a sua capacidade de organizar as informações disponíveis sobre estes sistemas e de fazer previsões a seu respeito para diferentes condições. Desta forma a análise de sistemas naturais vem sendo abordada de diferentes maneiras, sendo que nas últimas décadas a teoria de ecossistemas expandiu-se e ramos específicos, que permitem seguir e prever a evolução de ecossistemas, foram formulados. Um destes enfoques, conhecido como análise do fluxo de insumo-produto, pode ser utilizado para explicar o funcionamento e estrutura dos subsistemas de um ecossistema através da descrição dos fluxos de matéria ou energia. A análise do fluxo de insumo-produto pode ser representada através de dois modelos: o modelo determinístico ou o modelo estocástico, tendo sua origem em estudos de caso com o objetivo de analisar a economia norte-americana, sendo uma extensão prática da teoria clássica de interdependência geral. Este trabalho faz uma abordagem sintética da evolução desta análise, avaliando dados teóricos e principalmente dados referentes à Lagoa Itapeva. A análise de *input-output* (determinística e estocástica) com o propósito de obter informações no que diz respeito aos fluxos (matéria e energia), é bastante simples; sendo que os modelos determinísticos se prestam melhor para traçar um panorama global e para obter projeções para as variáveis já os modelos estocásticos são mais complexos, mas provêm uma descrição mais acurada. Na Lagoa Itapeva os processos determinísticos demonstraram um baixo índice de ciclagem do carbono entre os três compartimentos em estudo e o fluxo preferencial na normalização corresponde ao compartimento dos produtores primários, isto decorre de não existir *loop* nos compartimentos em estudo e também não existir fluxos em dois sentidos. Em relação à avaliação estocástica foram observadas uma baixa relação no sentido espacial superfície-meio-fundo da lagoa, e uma boa distribuição espacial norte-centro-sul. Quanto à distribuição temporal, foi constatada uma baixa concordância entre os dados analisados e os dados reais quanto das análises realizadas em intervalos de tempo pequeno (horas) e uma boa concordância nas medidas

feitas quando o intervalo foi significativo (meses). Também em relação à Lagoa Itapeva, foi verificado nas análises estocásticas, utilizando-se operadores espaciais, que como a dinâmica biológica nem sempre é linear, os organismos não podem acompanhar imediatamente e perfeitamente as mudanças do ambiente, resultando em tempos de residência de matéria significativamente baixo. Além da análise dos fluxos ligados a este ecossistema lagunar, foram desenvolvidas técnicas de correção e adaptação de dados referentes à amostragem ocorrida na Lagoa durante um ano de campanha. Assim, propõe-se uma nova perspectiva no uso desta metodologia de forma simples e de fácil manipulação matemática.

THE INPUT-OUTPUT ANALYSIS OF SHALLOW LAKE ITAPEVA (RIO GRANDE DO SUL STATE COASTAL LAKE SYSTEM)

ABSTRACT

Ecological systems complexity has been a stumbling block for the management of environmental problems. Mathematical modelling has proved to be a reliable tool due to its capacity to organise systems information, and to allow making. In this way ecological systems have been approached in different manners. Over the last decades the ecosystems theory has expanded, providing the development of specific areas, which are able to predict in a fair way certain ecosystems changes. One of these approaches known as input-output flux analysis is used to explain the structure and functioning of sub-systems in an ecosystem through the quantitative description of matter and energy fluxes. The input-output flux analysis is represented through two models: the deterministic and the stochastic models. This approach was originated from study cases delineated to analyse the USA economy, and is a practical extension of the classical theory of general interdependency. The current study presents a comprehensive review of this type of analysis, evaluates literature data, and develops an analysis of matter fluxes in the Shallow Lake Itapeva. The deterministic analysis has shown a low carbon cycling between primary producers, primary consumers and secondary consumers. The preferential matter's flux, of normalised fluxes, is the primary producer since there are no loop and fluxes in both ways in the studied compartment. The stochastic modelling has shown a low vertical relationship between lake surface, middle, and bottom. There was a low agreement between the estimated and the real data for short time steps (hours) and a good agreement when the time step was large (months). The stochastic analysis with spatial operators has also shown a very low residence time for matter in Lake Itapeva as the result of a lag time between environmental changes and biological responses. Adaptation and correction techniques were also developing for data produced in a year sampling of Lake Itapeva. Also it is presented a new way to use this methodology which includes a simple form and easy mathematical manipulation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	001
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	008
2.1. <u>Ecologia de sistemas</u>	009
2.1.1. Considerações sobre ecologia	009
2.1.2. Ecossistema: conceitos e definições	014
2.1.2.1. Biosfera	015
2.1.2.2. Biocenose ou comunidade biológica	016
2.1.2.3. Biótopo	019
2.1.2.4. Habitat e nicho ecológico.....	020
2.1.2.5. Níveis tróficos, cadeias e teias alimentares.....	022
2.1.2.6. Componentes bióticos e abióticos.....	026
2.1.2.7. Definição, componentes e funcionamento de ecossistemas.....	029
2.1.2.7.1. Fluxo de energia nos ecossistemas	037
2.1.2.7.2. Ciclos geoquímicos	042
2.1.2.8. Teoria de sistemas.....	044
2.2. <u>Teoria econômica de insumo-produto</u>	048
2.2.1. Antecedentes	048
2.2.2. Modelo estático básico de insumo-produto	051
2.2.2.1. Elaboração da matriz insumo-produto	052
2.2.2.2. Análise e interpretação da matriz insumo-produto	054

2.2.3. Teoria dos sistemas de insumo-produto dinâmicos	058
2.2.3.1. Exemplo de utilização do modelo dinâmico	060
2.2.4. Classificação, agregação e informatização	062
2.2.5. Leontief e o meio ambiente	064
2.3. <u>Métodos e modelagem matemática</u>	068
2.3.1. Modelos	069
2.3.1.1. Considerações iniciais sobre modelos determinísticos e probabilísticos	071
2.3.1.2. Cadeias de Markov	072
2.3.1.3. Probabilidades de transição de <i>n-passos</i>	075
2.3.1.4. Probabilidades de estado do n-ésimo passo.....	076
2.3.1.5. Distribuições limites.....	078
2.3.1.6. Processo completamente ergódico	079
2.3.1.7. Modelos de decisão markovianos.....	079
2.3.1.8. A incerteza do projeto	081
2.3.1.8.1. Análise de sensibilidade	081
2.4. <u>Modelos ecológicos</u>	082
2.4.1. Tipos de modelos ecológicos.....	085
2.4.1.1. Modelos estáticos e dinâmicos	085
2.4.1.2. Modelos estocásticos e determinísticos.....	086
2.4.1.3. Modelos matemáticos e de simulação	086
2.4.1.4. Modelo fenomenológico e casual.....	087
2.4.2. Uso dos modelos ecológicos	089
2.4.3. Problemas gerais dos modelos ecológicos	090
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	092
3.1. <u>Dados bibliográficos</u>	092
3.2. <u>Dados experimentais</u>	095
3.2.1. Consolidação dos dados experimentais	099

3.2.1.1. Dados de profundidade e coluna d'água.....	099
3.2.1.2. Determinação do carbono total.....	102
3.2.1.3. Dados de respiração.....	109
3.2.1.4. Dados de produtividade.....	114
3.2.1.5. Dados de fitoplâncton e zooplâncton.....	120
3.2.2. Montagem das matrizes de dados.....	126
3.3. <u>Modelos</u>	127
3.3.1. Análise de <i>input-output</i>	127
3.3.1.1. Elaboração das matrizes N' e N''	130
3.3.1.2. Interpretação das matrizes N' e N''	132
3.3.2. Parâmetros de interpretação.....	135
3.3.3. Normalização das matrizes N' e N''	138
3.3.4. Análise de fluxo estocástico.....	139
3.3.4.1. Elaboração da matriz de transição P' e P''	141
3.3.4.2. Parâmetros de interpretação das matrizes de transição.....	144
3.3.4.3. Análise estocástica de <i>input</i>	146
3.3.4.4. Análise estocástica de <i>output</i>	147
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	149
4.1. <u>Dados bibliográficos</u>	149
4.1.1. Características dos exemplos teóricos.....	149
4.1.1.1. Fluxo de nitrogênio em floresta tropical (M05FT).....	150
4.1.1.2. Fluxo de energia em Silver Spring (E05SS).....	151
4.1.1.3. Fluxo de energia em Cone Spring (E05CS).....	153
4.1.1.4. Fluxo de energia em Hubbard Brook (E06HB).....	154
4.1.1.5. Fluxo de energia em um sistema coprofágico marinho (E04CM).....	157
4.1.1.6. Fluxo de carbono em um modelo de recifes continentais (M14RC).....	158
4.1.1.7. Fluxo de energia em um recife de ostras (E06RO).....	160

	xiii
4.1.2. Aplicação do modelo nos exemplos teóricos	162
4.1.2.1. Análise de <i>input-output</i>	162
4.1.2.2. Análise determinística dos modelos teóricos	167
4.1.2.2.1. Duração do caminho	167
4.1.2.2.2. Eficiência de ciclagem.....	171
4.1.2.2.3. Índice de ciclagem.....	174
4.1.2.3. Normalização dos fluxos de entrada e saída.....	178
4.1.2.4. Análise estocástica dos exemplos teóricos.....	180
4.2. Consolidação dos dados experimentais	183
4.2.1. Dados de profundidade e coluna d'água	183
4.2.2. Valores de carbono total	185
4.2.3. Dados de respiração.....	200
4.2.4. Dados de produtividade.....	224
4.2.5. Dados de fitoplâncton e zooplâncton	253
4.3. <u>Análise dos dados experimentais (Lagoa Itapeva)</u>	276
4.3.1. Montagem das matrizes de dados.....	276
4.3.2. Dados da Lagoa Itapeva	279
4.3.2.1. Análise determinística	279
4.3.2.2. Normalização dos fluxos de entrada e saída.....	289
4.3.2.3. Análise estocástica	290
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	303
5.1. <u>Conclusões</u>	303
5.2. <u>Recomendações</u>	306
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	309
ANEXOS	407
APÊNDICES	438

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Interações entre a ecologia e outras áreas do conhecimento científico	013
FIGURA 2.2: Exemplo esquemático do fluxo de energia na biosfera.....	017
FIGURA 2.3: Esquema simplificado de fatores do biótopo num ecossistema	020
FIGURA 2.4: Representação genérica de um ciclo alimentar lacustre	023
FIGURA 2.5: Representação diagramática do conceito de Lidermann (1942) sobre a dinâmica de uma comunidade	024
FIGURA 2.6: Diagrama simplificado de fluxo energético mostrando três níveis tróficos de uma cadeia alimentar (E = entrada total de energia; L_A = luz absorvida pela cobertura vegetal; P_B = produção primária bruta; P_L = produção primária líquida; P = produção secundária; NU = energia não utilizada; R = respiração e NA = energia não assimilada)	025
FIGURA 2.7: Esquema de uma cadeia de detritos onde o esquema A representa um “modelo de figura” da cadeia alimentar, e o esquema B, um “modelo de compartimentos”.	028
FIGURA 2.8: Diagrama funcional de um ecossistema, onde a comunidade está expressa como uma rede alimentar de autótrofos (A), heterótrofos (H) e os depósitos são indicados por S (<i>storages</i>).....	029
FIGURA 2.9: Relação entre os fatores bióticos/abióticos num ecossistema.....	032
FIGURA 2.10: Diagrama de um ecossistema marinho mostrando fluxos de energia dentro e fora da água profunda.....	033
FIGURA 2.11: Diagrama esquemático de um ecossistema de recifes de coral, onde M.O. corresponde às partículas de matéria orgânica na água.....	034
FIGURA 2.12: Diagrama de energia de um estuário, onde: M = microorganismos; N = nitrogênio e P = fósforo.....	034

FIGURA 2.13: (a) Exemplo de componentes de uma lagoa de água doce e (b) diagrama do ecossistema de uma lagoa, mostrando o armazenamento e o fluxo de energia.....	035
FIGURA 2.14: Ecossistema da selva tropical pluvial.	036
FIGURA 2.15: Comparação entre um ecossistema terrestre e um ecossistema aquático. I. Autótrofos: (A) vegetais herbáceos e gramíneas, (B) fitoplâncton. II. Herbívoros: (A) insetos e mamíferos no campo, (B) zooplâncton na coluna d'água. III. Detritívoros: (A) invertebrados do solo na terra, (B) invertebrados do fundo na água. IV. Carnívoros: (A) aves e outros na terra, (B) peixes na água. V. Sapróvoros: bactérias e fungos da decomposição.	037
FIGURA 2.16: Caminho da energia solar incidente sobre a vegetação de grama perene de uma comunidade de campos em Michigan (EUA). Todas as medidas estão em $\text{cal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$	038
FIGURA 2.17: Esquema do fluxo de energia através de vários níveis tróficos de um ecossistema.	039
FIGURA 2.18: Diagrama do fluxo de energia em Root Spring (Concord/Massachusetts). Dados em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$	040
FIGURA 2.19: Diagrama do fluxo de energia para Silver Springs (Flórida). Os dados estão expressos em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$	041
FIGURA 2.20: Modelos de fluxo de energia para dois tipos opostos de ecossistemas. Dados em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$	042
FIGURA 2.21: Fluxo de energia no lago Cedar Bog (fluxo em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ e armazenamento em kcal.m^{-2}).	043
FIGURA 2.22: Esquema geral do ciclo de nutrientes em um ecossistema de pastagens.....	044
FIGURA 2.23: Ciclo do carbono em ecossistema aquático.	045
FIGURA 2.24: Modelo de ecossistema enfocando o ambiente externo.	046
FIGURA 2.25: Representação das “caixas negras” propostas por Odum, mostrando três níveis de organização.	047
FIGURA 2.26: Comportamento linear da economia.....	066
FIGURA 2.27: Interação economia-meio ambiente.....	067
FIGURA 2.28: Comportamento não linear da economia.....	068
FIGURA 2.29: Transição de 2 passos.....	075
FIGURA 3.1: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para acréscimo das informações pertinentes ao modelo teórico em estudo.....	094
FIGURA 3.2: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para acréscimo dos dados pertinentes ao modelo teórico em estudo.	094
FIGURA 3.3: Foto Landsat 5 da Lagoa Itapeva de 26 de fevereiro de 1989.....	096

FIGURA 3.4: Localização dos pontos amostrais referentes ao Norte, Centro e Sul na Lagoa Itapeva segundo Cardoso (2001).....	097
FIGURA 3.5: Relação teórica proposta para a Lagoa Itapeva, conforme dados obtidos e analisados por Cardoso (2001).....	098
FIGURA 3.6: Esquema geral do balanço de massa onde Z representa o somatório dos fluxos de entrada, Y o somatório dos fluxos de saída e X o termo de acúmulo.	098
FIGURA 3.7: Gradientes verticais de O ₂ e CO ₂ em um lago eutrófico e oligotrófico	109
FIGURA 3.8: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo da matriz N' correspondente aos dados de entrada no modelo em estudo (exemplo de uma matriz 3x3)	131
FIGURA 3.9: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo das matrizes Q'' e N'', decorrentes dos dados de entrada no modelo em estudo (exemplo de uma matriz 3x3)	132
FIGURA 3.10: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo da duração do caminho (PL) dos fluxos de entrada e saída, eficiência de ciclagem (CE) para os fluxos de entrada e saída, fluxo direto (TST) ciclado e não ciclado e índices de ciclagem (CI), decorrentes dos dados das matrizes N' e N'' geradas nos modelos em estudo (exemplo de uma matriz 3x3)	138
FIGURA 3.11: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo e montagem da matriz de transição de entrada P' (exemplo de uma matriz 3x3).....	142
FIGURA 3.12: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo e montagem da matriz de transição de saída P'' (exemplo de uma matriz 3x3).....	144
FIGURA 3.13: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo das médias e variâncias e auxílio na análise dos parâmetros estocásticos (exemplo de uma matriz 3x3).....	147
FIGURA 4.1: Esquema de fluxo de nitrogênio em uma floresta tropical.....	150
FIGURA 4.2: Fluxo de energia de Silver Springs – Flórida.....	152
FIGURA 4.3: Fluxo de energia de Cone Spring – Flórida.	154
FIGURA 4.4: Fluxo de energia de Hubbard Brook – Flórida.	156
FIGURA 4.5: Modelo coprofágico marinho (fluxo de energia).....	157
FIGURA 4.6: Fluxo de carbono em um sistema de recifes continentais.....	159
FIGURA 4.7: Modelo de fluxo de um recife de ostras.....	161
FIGURA 4.8: Planilha de dados do modelo M05FT	163
FIGURA 4.9: Planilha correspondente a matriz de entrada N' do modelo M05FT	164
FIGURA 4.10: Planilha correspondente a matriz de saída N'' do modelo M05FT	164
FIGURA 4.11: Planilha correspondente a matriz de transição de entrada P' do modelo M05FT.....	165

FIGURA 4.12: Planilha correspondente a matriz de transição de saída P” do modelo M05FT	166
FIGURA 4.13: Ambientes E'_1 , E'_3 e E'_4 de <i>input</i> para o modelo M05FT.....	179
FIGURA 4.14: Ambientes de <i>output</i> (E''_1 e E''_3) para o modelo M05FT.	180
FIGURA 4.15: Distribuição dos dados referentes à campanha da primavera no ponto central da Lagoa Itapeva. A curva pontilhada refere-se ao ajuste polinomial dos dados	184
FIGURA 4.16: Distribuição dos dados referentes à campanha da primavera no ponto sul da Lagoa Itapeva. A curva pontilhada refere-se ao ajuste polinomial dos dados	184
FIGURA 4.17: Distribuição dos dados referentes à campanha do inverno no ponto central da Lagoa Itapeva. A curva pontilhada refere-se ao ajuste polinomial dos dados.....	185
FIGURA 4.18: Relação entre a alcalinidade experimental (Alc_e) e a alcalinidade calculada (Alc_c) através de uma regressão linear simples	187
FIGURA 4.19: Proporção relativa de ácido carbônico, íon bicarbonato e íon carbonato para diferentes pHs em solução aquosa.....	189
FIGURA 4.20: Exemplo do fluxo de carbono em função da profundidade na Lagoa Itapeva. Ponto amostral referente ao horário das 6 horas da manhã, na primavera e na localização sul.....	200
FIGURA 4.21: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior)	210
FIGURA 4.22: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior)	211
FIGURA 4.23: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior)	212
FIGURA 4.24: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo VN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior)	213
FIGURA 4.25: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo VC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior)	214
FIGURA 4.26: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores	

experimentais referentes aos dados do subgrupo VS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	215
FIGURA 4.27: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo ON da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	216
FIGURA 4.28: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo OC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	217
FIGURA 4.29: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo OS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	218
FIGURA 4.30: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	219
FIGURA 4.31: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	220
FIGURA 4.32: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	221
FIGURA 4.33: Comparação entre os volumes calculados antes e após o processo de correção dos dados nos diferentes pontos amostrais da Lagoa Itapeva	222
FIGURA 4.34: Comparação entre os valores da diferença percentual referente às áreas planas positivas (APP), áreas planas negativas (APN) e as áreas totais planas (ATP), conforme dados descritos no Anexo 14 relativos aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva	223
FIGURA 4.35: Comparação entre os valores da diferença percentual referente às superfícies positivas e as superfícies negativas, conforme dados descritos no Anexo 7 relativo aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva.....	224
FIGURA 4.36: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Líquida (PPL) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	232
FIGURA 4.37: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Líquida (PPL) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	233

- FIGURA 4.38: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Líquida (PPL) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior) 234
- FIGURA 4.39: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Líquida (PPL) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior) 235
- FIGURA 4.40: Comparação entre os volumes calculados antes e após o processo de correção dos dados nos diferentes pontos amostrais da Lagoa Itapeva..... 237
- FIGURA 4.41: Comparação entre os valores da diferença percentual referentes às áreas planas positivas (APP), áreas planas negativas (APN) e as áreas totais planas (ATP), conforme dados descritos no Anexo 15 relativos aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva 237
- FIGURA 4.42: Comparação entre os valores da diferença percentual referente às superfícies positivas e as superfícies negativas, conforme dados descritos no Anexo 10 relativo aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva 237
- FIGURA 4.43: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior) 239
- FIGURA 4.44: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior) 240
- FIGURA 4.45: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior) 241
- FIGURA 4.46: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo VN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior) 242
- FIGURA 4.47: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo VC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior) 243
- FIGURA 4.48: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo VS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior) 244
- FIGURA 4.49: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos

valores experimentais referentes aos dados do subgrupo ON da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	245
FIGURA 4.50: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo OC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	246
FIGURA 4.51: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo OS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	247
FIGURA 4.52: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	248
FIGURA 4.53: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	249
FIGURA 4.54: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).....	250
FIGURA 4.55: Comparação entre os volumes calculados antes e após o processo de correção dos dados nos diferentes pontos amostrais da Lagoa Itapeva	251
FIGURA 4.56: Comparação entre os valores da diferença percentual referente às áreas planas positivas (APP), áreas planas negativas (APN) e as áreas totais planas, conforme dados descritos no Anexo 16 para análise de PPB, relativos aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva	252
FIGURA 4.57: Comparação entre os valores da diferença percentual, referentes às superfícies positivas e as superfícies negativas, conforme dados descritos no Anexo 8 relativo aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva.....	253
FIGURA 4.58: Exemplo de pasta com as informações pertinentes ao ponto amostral em estudo (OC2S18), utilizando a planilha Microsoft® Excel	277
FIGURA 4.59: Exemplo de pasta com os dados referentes ao ponto amostral em estudo (OC2S18), utilizando a planilha Microsoft® Excel.....	278
FIGURA 4.60: Relação teórica proposta para a Lagoa Itapeva, considerando somente dois compartimentos	279
FIGURA 4.61: Comparação entre os parâmetros determinísticos em relação às estações do ano e o horário de amostragem.....	284
FIGURA 4.62: Comparação entre os parâmetros determinísticos em relação às estações do ano e o ponto amostral na coluna d'água	285

FIGURA 4.63: Comparação entre os parâmetros determinísticos em relação às estações do ano e os pontos de coleta na Lagoa Itapeva.....	286
FIGURA 4.64: Comparação entre os parâmetros determinísticos em relação aos pontos amostrais na Lagoa Itapeva e os pontos na coluna d'água	287
FIGURA 4.65: Ambientes E'_1 , E'_2 e E'_3 de <i>input</i> referentes ao ponto amostral OC2S18	291
FIGURA 4.66: Ambientes de <i>output</i> (E''_1 , E''_2 e E''_3) referentes ao ponto amostral OC2S18.....	292
FIGURA 4.67: Pasta correspondente a matriz de transição de entrada P' do exemplo OC2S18.....	293
FIGURA 4.68: Pasta correspondente a matriz de transição de saída P'' do exemplo OC2S18.....	294

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1: Fluxo de energia em $\text{cal}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ na comunidade terrestre.....	39
TABELA 2.2: Matriz insumo-produto	53
TABELA 2.3: Exemplo de matriz insumo-produto para três setores econômicos.....	54
TABELA 2.4: Matriz de coeficientes técnicos	55
TABELA 2.5: Inverso da matriz de Leontief	56
TABELA 2.6: Matriz insumo-produto com inclusão do meio ambiente (MA).....	66
TABELA 3.1: Dados referentes a profundidade (nível d'água), medidos nas diferentes estações sazonais, nos três pontos amostrais e nos períodos de coleta durante todas as campanhas na Lagoa Itapeva.....	100
TABELA 3.2: Dados referentes à coluna d'água em cada ponto amostral (S = superfície, M = meio e F = fundo) da Lagoa Itapeva durante todas as quatro campanhas realizadas.....	101
TABELA 3.3: Descrição das taxas de respiração (R) em $\text{mg C}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto e campanha sazonal.....	111
TABELA 3.4: Nomenclatura utilizada para designar cada subgrupo de estudo para ajuste da taxa de respiração nos pontos apresentados por Cardoso (2001) referentes à Lagoa Itapeva	112
TABELA 3.5: Tabela com os valores de PPB e PPL, referente à campanha da primavera na Lagoa Itapeva, para os três dias de amostragem e nas três profundidades estudadas	116
TABELA 3.6: Tabela com os valores de PPB e PPL, referente à campanha do verão na Lagoa Itapeva, para os três dias de amostragem e nas três profundidades estudadas	117

TABELA 3.7: Tabela com os valores de PPB e PPL, referente à campanha do outono na Lagoa Itapeva, para os três dias de amostragem e nas três profundidades estudadas.....	118
TABELA 3.8: Tabela com os valores de PPB e PPL, referente à campanha do inverno na Lagoa Itapeva, para os três dias de amostragem e nas três profundidades estudadas.....	119
TABELA 3.9: Modelo de matriz de transição P^h ($h\tau$), para tempos $h\tau$ ($h = 0, 1, \dots$).....	141
TABELA 3.10: Modelo de matriz de transição $P^{h'}$ ($h\tau$), para tempos $h\tau$ ($h = 0, 1, \dots$).....	143
TABELA 4.1: Tabela dos fluxos de nitrogênio entre os compartimentos do modelo M05FT em $g N.m^{-2}.ano^{-1}$	151
TABELA 4.2: Tabela dos fluxos de nitrogênio entre os compartimentos e o meio externo em $g N.m^{-2}.ano^{-1}$, e valores de nitrogênio armazenados em cada compartimento do modelo M05FT em $g N.m^{-2}$	151
TABELA 4.3: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos do modelo E05SS em $kcal.m^{-2}.ano^{-1}$	152
TABELA 4.4: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos e o meio externo em $kcal.m^{-2}.ano^{-1}$ para o modelo E05SS.....	153
TABELA 4.5: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos do modelo E05CS em $kcal.m^{-2}.ano^{-1}$	155
TABELA 4.6: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos e o meio externo em $kcal.m^{-2}.ano^{-1}$, caracterizando o fluxo referente à respiração para o modelo E05CS.....	155
TABELA 4.7: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos do modelo E06HB em $kJ.m^{-2}.ano^{-1}$	156
TABELA 4.8: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos e o meio externo em $kJ.m^{-2}.ano^{-1}$, caracterizando o fluxo referente à respiração e aos valores de energia armazenada em cada compartimento do modelo E06HB em $kJ.m^{-2}$	157
TABELA 4.9: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos do modelo E04CM em $kcal.m^{-2}.ano^{-1}$	158
TABELA 4.10: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos e o meio externo em $kcal.m^{-2}.ano^{-1}$ para o modelo E04CM.....	159
TABELA 4.11: Fluxo de carbono entre os compartimentos do modelo M14RC em $g C.m^{-2}.ano^{-1}$	160
TABELA 4.12: Tabela dos fluxos de carbono entre os compartimentos do modelo M14RC e o meio externo em $g C.m^{-2}.ano^{-1}$	160
TABELA 4.13: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos do modelo E06RO em $kcal.m^{-2}.dia^{-1}$	162
TABELA 4.14: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos e o meio externo em $kcal.m^{-2}.dia^{-1}$, caracterizando o fluxo de saída em respiração, mortalidade e	

suspensão e os valores de energia armazenada em cada compartimento do modelo E06RO em kcal.m ⁻²	162
TABELA 4.15: Duração do caminho para o exemplo M05FT.....	167
TABELA 4.16: Duração do caminho para o exemplo E05SS.....	168
TABELA 4.17: Duração do caminho para o exemplo E05CS	168
TABELA 4.18: Duração do caminho para o exemplo E06HB.....	169
TABELA 4.19: Duração do caminho para o exemplo E04CM	169
TABELA 4.20: Duração do caminho para o exemplo M14RC.....	170
TABELA 4.21: Duração do caminho para o exemplo E06RO.....	170
TABELA 4.22: Eficiência de ciclagem para o exemplo M05FT	171
TABELA 4.23: Eficiência de ciclagem para o exemplo E05SS.....	171
TABELA 4.24: Eficiência de ciclagem para o exemplo E05CS	172
TABELA 4.25: Eficiência de ciclagem para o exemplo E06HB.....	172
TABELA 4.26: Eficiência de ciclagem para o exemplo E04CM.....	172
TABELA 4.27: Eficiência de ciclagem para o exemplo M14RC.....	173
TABELA 4.28: Eficiência de ciclagem para o exemplo E06RO.....	174
TABELA 4.29: Eficiência de ciclagem para o exemplo M05FT	175
TABELA 4.30: Eficiência de ciclagem para o exemplo E05SS.....	175
TABELA 4.31: Eficiência de ciclagem para o exemplo E05CS	176
TABELA 4.32: Eficiência de ciclagem para o exemplo E06HB.....	176
TABELA 4.33: Eficiência de ciclagem para o exemplo E04CM.....	176
TABELA 4.34: Eficiência de ciclagem para o exemplo M14RC.....	177
TABELA 4.35: Eficiência de ciclagem para o exemplo E06RO.....	177
TABELA 4.36: Análise de correlação dos parâmetros determinísticos estudados nos modelos teóricos para um nível de significância de 5%.....	178
TABELA 4.37: Análise das médias e variâncias* de <i>input</i> para o modelo M05FT.....	181
TABELA 4.38: Análise das médias e variâncias de <i>output</i> para o modelo M05FT.....	182
TABELA 4.39: Dados corrigidos (preenchimento de falhas) referentes à profundidade (nível d'água), nas diferentes estações sazonais, e nos três pontos amostrais e nos períodos de coleta durante todas as campanhas realizadas na Lagoa Itapeva por Cardoso (2001).	186
TABELA 4.40: Dados de CO ₂ dissolvido (mg CO ₂ .L ⁻¹), pH, alcalinidade total experimental (mg CaCO ₃ .L ⁻¹) e alcalinidade total calculada (mg CaCO ₃ .L ⁻¹), para cada ponto das campanhas do inverno e outono da Lagoa Itapeva	188

TABELA 4.41: Dados de CO ₂ dissolvido (mg CO ₂ .L ⁻¹), pH, alcalinidade total calculada (mg CaCO ₃ .L ⁻¹) e alcalinidade total corrigida (mg CaCO ₃ .L ⁻¹), para cada ponto das campanhas do verão e da primavera na Lagoa Itapeva	192
TABELA 4.42: Parâmetros experimentais e corrigidos (em negrito) referentes as quatro campanhas na Lagoa Itapeva - CO ₂ dissolvido (mg CO ₂ .L ⁻¹), pH, alcalinidade total (mg CaCO ₃ .L ⁻¹) e temperatura (°C).....	193
TABELA 4.43: Dados de alcalinidade, pH, concentração de hidrogênio, temperatura, A (constante de Debye-Hünckel), coeficientes de atividade para os íons CO ₃ ⁻² e HCO ₃ ⁻ , as constantes de dissociação iniciais e corrigidas, as frações de ionização e finalmente os valores da concentração de CO ₂ correspondentes à campanha de dezembro de 1998 na Lagoa Itapeva	194
TABELA 4.44: Dados de alcalinidade, pH, concentração de hidrogênio, temperatura, A (constante de Debye-Hünckel), coeficientes de atividade para os íons CO ₃ ⁻² e HCO ₃ ⁻ , as constantes de dissociação iniciais e corrigidas, as frações de ionização e finalmente os valores da concentração de CO ₂ correspondentes à campanha de março de 1999 na Lagoa Itapeva	195
TABELA 4.45: Dados de alcalinidade, pH, concentração de hidrogênio, temperatura, A (constante de Debye-Hünckel), coeficientes de atividade para os íons CO ₃ ⁻² e HCO ₃ ⁻ , as constantes de dissociação iniciais e corrigidas, as frações de ionização e finalmente os valores da concentração de CO ₂ correspondentes à campanha de maio de 1999 na Lagoa Itapeva	196
TABELA 4.46: Dados de alcalinidade, pH, concentração de hidrogênio, temperatura, A (constante de Debye-Hünckel), coeficientes de atividade para os íons CO ₃ ⁻² e HCO ₃ ⁻ , as constantes de dissociação iniciais e corrigidas, as frações de ionização e finalmente os valores da concentração de CO ₂ correspondentes à campanha de agosto de 1999 na Lagoa.....	197
TABELA 4.47: Dados de concentração de CO ₂ total (mg de CO ₂ .L ⁻¹) e de concentração de carbono total (mg de C.L ⁻¹) para as diferentes campanhas realizadas na Lagoa Itapeva.....	198
TABELA 4.48: Descrição dos fluxos de Carbono (C _T) em mg C.m ⁻² .h ⁻¹ no perfil da coluna d'água (Superfície, Meio e Fundo), em cada ponto de amostragem e campanha sazonal	199
TABELA 4.49: Valores do tempo (t), profundidade (z) e taxa de respiração (R) para os três pontos de amostragem durante o período de dezembro de 1998 (primavera) na Lagoa Itapeva.	201
TABELA 4.50: Valores do tempo (t), profundidade (z) e taxa de respiração (R) para os três pontos de amostragem durante o período de março de 1999 (verão) na Lagoa Itapeva.....	202
TABELA 4.51: Valores do tempo (t), profundidade (z) e taxa de respiração (R) para os três pontos de amostragem durante o período de maio de 1999 (outono) na Lagoa Itapeva.....	203
TABELA 4.52: Valores do tempo (t), profundidade (z) e taxa de respiração (R) para os três pontos de amostragem durante o período de agosto de 1999 (inverno) na Lagoa Itapeva.....	204

TABELA 4.53: Número de amostras (N), graus de liberdade (GL) e valor do coeficiente de correlação (r) para os diferentes subgrupos em estudo	205
TABELA 4.54: Combinações entre as variáveis t (tempo) e z (profundidade da coluna d'água) e coeficiente de correção destas combinações com a variável R (respiração), para cada subgrupo de estudo da Lagoa Itapeva	206
TABELA 4.55: Equações obtidas através do método de regressão múltipla, para correlacionar os parâmetros (obtidos pelo método SWMR) referentes ao tempo (t) e profundidade (z) com a taxa de respiração nos diferentes subgrupos em estudo (r indica a correlação múltipla)	208
TABELA 4.56: Dados corrigidos e /ou complementares referentes à descrição das taxas de respiração (R) em $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto e campanha sazonal.....	209
TABELA 4.57: Valores do tempo (t), profundidade (z) e produtividade primária líquida (PPL) para os quatro pontos de amostragem que possuíam falhas (PN, PC, IN e IC), referentes aos dados analisados da Lagoa Itapeva	225
TABELA 4.58: Combinações entre as variáveis t (tempo) e z (profundidade da coluna d'água) e coeficiente de correção destas combinações com a variável PPL (produtividade primária líquida), para cada subgrupo de estudo da Lagoa Itapeva	226
TABELA 4.59: Equações obtidas através do método de regressão múltipla, para correlacionar os parâmetros (obtidos pelo método SWMR) referentes ao tempo (t) e profundidade (z) com a produtividade primária líquida nos subgrupos PN, PC, IN e IC em estudo.....	226
TABELA 4.60: Valores de correlação múltipla para as equações determinadas para cada subgrupo em estudo.....	227
TABELA 4.61: Dados corrigidos e/ou complementares referentes a PPL e PPB em $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto da campanha realizada na primavera na Lagoa Itapeva.....	228
TABELA 4.62: Dados corrigidos e/ou complementares referentes a PPL e PPB em $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto da campanha realizada no verão na Lagoa Itapeva.....	229
TABELA 4.63: Dados corrigidos e/ou complementares referentes a PPL e PPB em $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto da campanha realizada no outono na Lagoa Itapeva	230
TABELA 4.64: Dados corrigidos e/ou complementares referentes a PPL e PPB em $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto da campanha realizada no inverno na Lagoa Itapeva	231
TABELA 4.65: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão <i>Bacillariophyta</i>), identificado na Lagoa Itapeva.....	254
TABELA 4.66: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão <i>Cyanophyta</i>), identificado na Lagoa Itapeva.....	257

TABELA 4.67: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão <i>Chlorophyta</i>), identificado na Lagoa Itapeva	260
TABELA 4.68: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão <i>Cryptophyta</i>), identificado na Lagoa Itapeva	262
TABELA 4.69: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão <i>Dinophyta</i>), identificado na Lagoa Itapeva.....	263
TABELA 4.70: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão <i>Euglenophyta</i>), identificado na Lagoa Itapeva	263
TABELA 4.71: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão <i>Crysohyta</i>), identificado na Lagoa Itapeva.....	263
TABELA 4.72: Referências e valores médios de biovolume do zooplâncton (Reino Protista), identificado na Lagoa Itapeva.....	264
TABELA 4.73: Referências e valores médios de biovolume do zooplâncton (Reino Rotifera), identificado na Lagoa Itapeva.....	266
TABELA 4.74: Referências e valores médios de biovolume do zooplâncton (Filo Arthropoda – Cladocera), identificado na Lagoa Itapeva	268
TABELA 4.75: Referências e valores médios de biovolume do zooplâncton (Filo Arthropoda – Copepoda), identificado na Lagoa Itapeva	269
TABELA 4.76: Fatores de conversão de biovolume para biomassa de carbono para os diferentes grupos de estudo e encontrados na Lagoa Itapeva.....	270
TABELA 4.77: Valores totais de biomassa de carbono, referentes aos produtores primários, encontrados na Lagoa Itapeva nos diferentes pontos amostrais em estudo. Valores expressos em 10^{-8} mgC/ml	271
TABELA 4.78: Valores totais de biomassa de carbono, referentes aos consumidores primários, encontrados na Lagoa Itapeva nos diferentes pontos amostrais em estudo. Valores expressos em 10^{-7} mgC/ml.....	272
TABELA 4.79: Valores totais de biomassa de carbono, referentes aos consumidores secundários, encontrados na Lagoa Itapeva nos diferentes pontos amostrais em estudo. Valores expressos em 10^{-7} mgC/ml.....	273
TABELA 4.80: Análise estatística monovariável dos três conjuntos de dados de biomassa nos três grupos observados na Lagoa Itapeva (PP, CP e CS).....	274
TABELA 4.81: Análise de correlação entre os dados amostrais de PP, CP e CS.....	275
TABELA 4.82: Análise dos dados de PP, CP e CS conforme teste de F.....	275
TABELA 4.83: Duração do caminho para o exemplo OC2S18 da Lagoa Itapeva.....	280
TABELA 4.84: Eficiência de ciclagem para o exemplo OC2S18 da Lagoa Itapeva.....	281
TABELA 4.85: Eficiência de ciclagem para o exemplo OC2S18	281
TABELA 4.86: Análise das médias e variâncias* de <i>input</i> para o exemplo OC2S18.....	295

TABELA 4.87: Análise das médias e variâncias de <i>output</i> para o exemplo OC2S18	296
TABELA 4.88: Matriz representativa dos 432 pontos amostrais considerando-se as diferentes estações do ano e os diferentes dias, horários e pontos de coleta	297
TABELA 4.89: Aplicação do modelo partindo-se dos dados referentes ao ponto PS3S6 utilizando-se doze passos (unidade de uma hora) até ponto PS3S18 da Lagoa Itapeva	299
TABELA 4.90: Aplicação do modelo partindo-se dos dados referentes ao ponto PS1S6 utilizando-se 72 passos (unidade de uma hora) até ponto PS3S18 da Lagoa Itapeva	299
TABELA 4.91: Aplicação do modelo partindo-se dos dados referentes ao ponto PN1S6 utilizando-se 120 passos (unidade de um centímetro) até ponto PN1F6 da Lagoa Itapeva	300
TABELA 4.92: Aplicação do modelo partindo-se dos dados referentes ao ponto PN1S6 utilizando-se 27 passos (unidade de um quilometro) até ponto PS1S6 da Lagoa Itapeva	300
TABELA 4.93: Combinações espaciais, número de ensaios e erro estocástico nas análises dinâmicas realizadas na Lagoa Itapeva	301
TABELA 4.94: Combinações temporais, número de ensaios e erro estocástico nas análises dinâmicas realizadas na Lagoa Itapeva	302

LISTA DE SÍMBOLOS

ΔE	Varição de energia.
Δt	Varição de tempo.
Λ_n	Nível trófico: onde n indica o tipo ou classe do nível trófico (produtores, herbívoros, carnívoros, consumidores, etc...).
$\prod(z)$	Vetor $P^{(n)}$.
Φ	Fator de conversão decorrente do período de incubação da amostra.
$\Phi_{ij}(t)$	Fluxo total.
Ω	Espaço amostral.
α_n	Fração de ionização do ácido carbônico.
γ	Coefficiente de variação.
γ^2	Variância relativa de X .
ε	Constante dielétrica.
θ	Ângulo.
μ	Média ou vetor linha.
$\mu^{(0)}$	Vetor linha das probabilidades incondicionais iniciais.
σ	Desvio padrão.
σ^2	Variância de X .
τ	Unidade de tempo.
\emptyset	Conjunto vazio.

\cap	Intersecção.
\cup	União.
\subseteq	Símbolo de “contêm”.
\in	Símbolo de “pertence a”.
\notin	Símbolo de “não pertence a”.
[a; b]	Intervalo finito.
$[a_{xy\dots z}, 1]$	Matriz-coluna dos coeficientes a_n .
$[C]_T$	Concentração de carbono total.
$[CO_2]_d$	Concentração de dióxido de carbono dissolvido.
$[CO_2]_T$	Concentração de dióxido de carbono total.
$[H^+]$	Íon de hidrogênio.
$[r_{1,xy\dots z}]$	Matriz de correlação entre as variáveis independentes.
$\{\chi(h\tau)\}$	Modelo para a imediata história da “partícula”.
A	Autótrofos, evento, matriz de coeficientes tecnológicos ou parâmetro decorrente do modelo proposto por Dedye e Hüchel (constante de Debye-Hünckel).
\bar{A}	Complementar de A.
A'	Complementar de A.
A^C	Complementar de A.
Ago/99	Campanha amostral de agosto de 1999 (Outono).
a_{ij}	Coefficiente técnico da matriz de insumo-produto, coeficientes estruturais ou atividade.
Alc'	Alcalinidade corrigida.
Alc_c	Alcalinidade total calculada.
Alc_e	Alcalinidade experimental.
Alc_T	Alcalinidade total.
A_n	Relação entre o fluxo de entrada e fluxo de saída do compartimento n, em estudo, na Lagoa Itapeva.
A_n	Coefficiente de regressão padronizado.
APN	Área plana negativa.
APP	Área plana positiva.
ATP	Área total plana.

B	Raio.
B	Coefficiente linear.
BAC	Indivíduos do gênero <i>Bacillariophyta</i> .
BI	Biomassa do indivíduo.
B_{ij} .	Coefficiente de capital do produto i no setor j .
B_k	Necessidades nutricionais para a subsistência e engorda do animal.
BT	Biomassa total do ponto amostral.
BV	Biovolume.
C	Consumo, bens de consumo ou centro.
C'_T	Fluxo de carbono corrigido em função da profundidade.
C++	Linguagem de Programação
CE	Eficiência de ciclagem.
CHL	Indivíduos do gênero <i>Chlorophyta</i> .
CI	Índice de ciclagem.
C_{ij}	Termo genérico do inverso da matriz de Leontief ou valor de compra do setor i para obter o preço de uma unidade monetária de produto do setor j considerando os efeitos diretos e indiretos.
C_j	Custo unitário do alimento em consideração.
CLA	Cladocera.
COP	Copepoda.
CP	Consumidor primário.
CRS	Indivíduos do gênero <i>Crysophyta</i> .
CRY	Indivíduos do gênero <i>Cryptophyta</i> .
CS	Consumidor secundário.
C_T	Fluxo de carbono ou valor total de carbono em volume.
CYA	Indivíduos do gênero <i>Cyanophyta</i> .
Dez/98	Campanha amostral de dezembro de 1998 (Primavera).
DIN	Indivíduos do gênero <i>Dinophyta</i> .
DP	Densidade populacional.
E	Energia, espaço amostral, experimento ou experimento aleatório.
$E(X)$	Média.

E''_i	Normalização dos ambientes de saída.
E04CM	Fluxo de energia em um sistema coprofágico marinho
E05CS	Fluxo de energia em Cone Spring
E05SS	Fluxo de energia em Silver Spring
E06HB	Fluxo de energia em Hubbard Brook
E06RO	Fluxo de energia em um recife de ostras
E'_i	Normalização dos ambientes de entrada.
$E'_{ij}(h\tau)$	Média ou expectativa de $V'_{ij}(h\tau)$.
EUG	Indivíduos do gênero <i>Euglenophyta</i> .
E^x	Exponencial de x .
F	Fundo da coluna d'água.
F	Fator de conversão de biovolume para biomassa de carbono.
$f^{(n)}$	Função de tempo.
$f(x)$	Função densidade.
FDA	Função de distribuição acumulada.
fdp	Função densidade de probabilidade.
F_i	Coefficientes de atividade do elemento i .
f_{ij}	Fluxo instantâneo do compartimento i para j .
F_{ij}	Fluxos intracompartimentais (do compartimento i para o compartimento j).
f_{xy}	Fluxo entre os compartimentos x e y do modelo em estudo (Lagoa Itapeva).
GALD	<i>Greatest Axial Linear Dimension</i> .
GL	Graus de liberdade.
H	Heterótrofos.
$H^{(n)}$	Soma de uma matriz estocástica constituída de vetores de probabilidade de estado limitante S .
i	Setor produtivo da matriz econômica, elemento químico ou tipo da ração
I \sim	Matriz identidade de ordem de n .
I	Matriz identidade, matriz unidade, inverno ou força iônica de uma solução.
I_ξ	Conjunto dados.
IC	Ponto amostral: Inverno – Centro.

IN	Ponto amostral: Inverno – Norte.
IO	Origem do <i>input</i> .
IOFA	Análise do fluxo de input-output (<i>Input-output flow analysis</i>)
IS	Ponto amostral: Inverno – Sul.
IT	Número de transferências intercompartimentas.
ITIS	<i>Integrated Taxonomic Information System</i> .
j	Setor produtivo da matriz econômica ou tipo de alimento.
K'_n	Valor corrigido de K_n .
k	Restrições nutricionais.
K	Capital.
K_1	Primeria constante de constantes de dissociação do ácido carbônico ou constante de equilíbrio.
K_2	Segunda constante de constantes de dissociação do ácido carbônico ou constante de equilíbrio.
K_H	Constante de Henry.
K_n	Constante de equilíbrio da reação n.
K_w	Produto iônico da água.
\bar{M}	Massa ou peso molecular.
\bar{M}_C	Peso molecular do carbono.
\bar{M}_{O_2}	Peso molecular do oxigênio.
M	Meio da coluna d'água, microorganismos ou matéria..
m	Elementos matriciais.
M.O.	Matéria orgânica.
M05FT	Fluxo de nitrogênio em floresta tropical
M14RC	Fluxo de carbono em um modelo de recifes continentais
Mai/99	Campanha amostral de maio de 1999 (Inverno).
Mar/99	Campanha amostral de março de 1999.
n	Número de setores produtivos, número de linhas de vetores ou matrizes ou passos da matriz de probabilidades de transição.
N	Nitrogênio, número de variáveis utilizadas ou norte.

N'	Matriz de entrada.
N'_{xy}	Fluxo direto fora do compartimento x exigido para gerar uma unidade de <i>output</i> do compartimento y .
N''	Matriz de saída.
NIES	<i>National Institute for Environmental Studies.</i>
O	Outono.
OC	Ponto amostral: Outono – Centro.
OD	Oxigênio dissolvido.
OD_{fe}	Oxigênio dissolvido em frasco escuro.
OD_i	Oxigênio dissolvido inicial.
ON	Ponto amostral: Outono – Norte.
OS	Ponto amostral: Outono – Sul.
\tilde{P}	Matriz com elementos p_{ij} ou Matriz de transição de 1-estágio
p	Limite de significância superior.
P	Fósforo, produção fotossintética total, produção industrial ou primavera.
$P^{(0)}$	Vetor de probabilidade inicial.
$P(A)$	Probabilidade de A .
$P(B/A)$	Probabilidade de B dado A ou probabilidade de B condicionada a A .
$P'(h\tau)$	Matriz de transição de entrada.
P''	Matriz de transição de um passo
PC	Ponto amostral: Primavera – Centro.
PL	Duração do caminho.
PN	Ponto amostral: Primavera – Norte.
PP	Produtor primário.
PPB	Produtividade primária bruta - representa a taxa global de fotossíntese.
PPL	Produtividade primária líquida - representa a taxa de armazenamento de matéria orgânica nos tecidos vegetais.
PRO	Protistas.
PS	Ponto amostral: Primavera – Sul.
$\tilde{Q}'(t)$	Matriz $[q'_{ij}(t)]$.

$\tilde{Q}''(t)$	Matriz de $[q_{ij}''(t)]$.
$\tilde{q}'_{\sim 0}(t)$	Vetor coluna.
$\tilde{q}''_{\sim 0}(t)$	Vetor linha.
r	Correlação múltipla ou valor do coeficiente de correlação.
R	Respiração ou taxa de respiração (em massa de carbono) ou recurso econômico.
R'	Respiração ou taxa de respiração (em massa de oxigênio).
$r_{1.2.3}$	Coefficiente de correlação parcial entre as variáveis X_1 e X_2 , mantendo X_3 constante.
r^2	Coefficiente de determinação múltipla.
RN	Recursos naturais.
r_n	Fluxo decorrente da respiração no compartimento n .
ROT	Rotifera.
RT	Tempo de residência.
RTD	Regra para tomada de decisões
r_{xyz}	Coefficiente de correlação parcial entre as variáveis x , y e z .
S	Superfície da coluna d'água, depósitos (<i>storages</i>), espaço amostral ou sul.
sen	Seno.
$SWMR$	Método de regressão múltipla: <i>Stepwise Multiple Regression</i> .
T	Temperatura.
t	Tempo.
$T^{(n)}$	Matriz com coeficientes geométricos que tendem a zero.
$T_0(t)$	Fluxo direto do sistema.
T_i	Fluxos diretos.
$\tilde{T}(\Sigma out)$	Vetor de fluxo direto.
$T_i(\Sigma in)$	Fluxo direto no compartimento i .
$T_i(\Sigma out)$	Fluxo de entrada do compartimento i .
$T_j(\Sigma in)$	Fluxo de saída.
TST	Fluxo ciclado total.

TST_c	Fluxos ciclados.
TST_s	Fluxos não ciclados.
U_n	Números randômicos.
\tilde{V}	Matriz V com componentes v_{ij} .
V	Verão ou vetor com componentes $v_{j..}$.
$V(X)$	Variância de X
VAC	Variável aleatória contínua.
VAD	Variável aleatória discreta.
VC	Ponto amostral: Verão – Centro.
v_i	Valor associado ao setor i .
$V'_{ij}(h\tau)$	Variável aleatória.
v_j	Probabilidades limites.
VN	Ponto amostral: Verão – Norte.
VS	Ponto amostral: Verão – Sul.
W	Resíduos.
\dot{x}_j	Derivada primeira de x_j em função de t .
$\tilde{\dot{x}}^+(t)$	Vetor $[\dot{x}^+(t)]$.
$\dot{x}_j^-(t)$	Derivadas do compartimento negativo.
$\dot{x}_j^+(t)$	Derivadas do compartimento positivo.
X	Vetor da produção total ou termo de acúmulo.
X_0	Sistema ambiental.
X_i	Compartimento i .
x_i	Produção bruta do setor i .
$x_i(t)$	Produtos num ponto inicial de tempo t .
x_{ij}	Coefficientes de insumo que representa a necessidade do produto do setor i por unidade de produto de um outro setor j .
x_j	j -ésima variável de decisão.
X_j	Compartimento j .

X_n	Variável independente.
$\tilde{y}(t)$	Vetor $[f_{i0}(t)]$.
y_i^t	Produto de indústria i no período t .
Y	Vetor da demanda final, variável dependente ou somatório dos fluxos de saída de um compartimento.
y_i	Demanda final do setor i .
Y_n	Corrente de saída do compartimento final n .
y_n	Fluxo do compartimento n para o meio externo.
YPL	Duração do caminho do fluxo de saída.
z	Profundidade ou representação do número de cargas elétricas do elemento i .
Z	Somatório dos fluxos de entrada em um sistema ou variável padronizada.
z'	Profundidade dos pontos amostrais.
z''	Número de cargas elétricas do elemento i (número de oxidação do íon).
Z_1	Entrada de carbono no primeiro compartimento do sistema em estudo.
Z_i	Fluxo de entrada F_{0i} .
z_i	Despesa bruta do setor i .
Z_n	Variável normal padrão independente ou variável randômica da normal padrão.
z_n	Fluxo externo para o compartimento n .
ZPL	Duração do caminho do fluxo de entrada.

1. INTRODUÇÃO

A análise de sistemas naturais vem sendo abordada de diferentes maneiras, sendo que nas últimas décadas a teoria de ecossistemas está evoluindo no que tange à formulação de metodologias específicas que permitam seguir e prever a evolução dos ecossistemas. Uma destas teorias, conhecida como análise do fluxo de input-output^{1,1} (*Input-output flow analysis*), pode ser utilizada para explicar o funcionamento e a estrutura dos subsistemas de um ecossistema através da descrição dos fluxos de matéria ou energia.

A análise do fluxo de input-output (IOFA) pode ser representada através de dois modelos: o modelo determinístico ou através do modelo estocástico. O modelo determinístico é independente do tempo, ou seja, representa um estado estacionário, onde as variáveis em estudo são constantes com o tempo. Quando utilizado para uma análise de fluxo pode-se dizer que o fluxo de entrada no sistema em estudo é igual ao fluxo que sai deste sistema. O modelo estocástico, segundo Silva e Muntz (1992), é um modelo natural para modelar o desempenho e a dependência, sendo o seu comportamento de natureza probabilística. Os modelos de Markov são uma classe particular de modelos estocásticos, neste caso, dado o estado presente, o comportamento futuro do processo é estatisticamente independente da sua história passada, isto é, o estado presente retém tudo aquilo que é importante sobre o passado com relação ao comportamento futuro.

Embora a aplicação de técnicas matemáticas para estudar ecossistemas é uma parte importante na ecologia de sistemas, ainda está longe de ser a única forma de estudo. Ecologia

de sistemas pode ser definida amplamente como o estudo do desenvolvimento, da dinâmica e do rompimento de ecossistemas. Van Dyne (1966) considera a ecologia de sistemas dividida em duas fases principais: uma fase teórica e analítica e uma fase experimental.

Essencialmente, estudar problemas em ecologia de sistemas requer três grupos de ferramentas e/ou processos: conceitual, mecânico e matemático (Van Dyne, 1966). Um dos principais problemas em ecologia de sistemas é analisar as interações entre os seus subsistemas. Eventos na natureza raramente são decorrentes de um único fator. Eles ocorrem devido a fatores múltiplos que são integrados pelo organismo ou por todo o ecossistema produzindo um efeito, que é por nós observado (Hasler, 1964).

Como pode ser observado, os estudos no sentido de modelar ecossistemas são um ponto importante, contudo existe uma série de dificuldades ainda em suas formulações e aplicações. Uma das maiores dificuldades encontradas nos estudos de sistemas biológicos é a falta de dados, principalmente dados históricos para a calibração de modelos probabilísticos. Outro fator crítico é a separação dos estudos biológicos e hidrodinâmicos, quando se trata de ecossistemas aquáticos. Existem inúmeros modelos hidrodinâmicos, contudo poucos relacionam seus dados e interpretações com os fatores biológicos aos quais estão vinculados. O mesmo ocorre com os modelos biológicos que por sua vez desvinculam-se da necessidade de informações hidrodinâmicas. O número de pesquisas que enfocam as relações entre hidrodinâmica e as comunidades biológicas são bastante escassas. Especificamente no caso de lagoas costeiras os modelos usados são baseados em poucos pontos de amostragem e reduzido número de observações (Motta Marques, 1999).

O gerenciamento dos recursos hídricos requer a preservação do balanço deste ecossistema, que em suma implica em boa compreensão de sua dinâmica. Estudos multidisciplinares, envolvendo monitoramento e modelagem dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, são necessários para que isso seja atingido. Assim, a extrema sensibilidade do ecossistema à hidrodinâmica justifica por si só a união de dois modelos (biológico e hidrodinâmico), tanto quanto permite seu uso potencial como uma ferramenta no gerenciamento hídrico (Thébault e Salençon, 1993).

^{1.1} A tradução mais usual para “input-output” é “insumo-produto”, entretanto no decorrer deste trabalho faremos uma distinção entre o termo original e sua tradução. Utilizar-se-á a terminologia “input-output”, sem tradução, quando referenciarmos a análise ambiental e “insumo-produto” para a análise econômica.

Associação entre modelos hidrodinâmicos e biológicos ainda estão pouco desenvolvidas. Algumas tentativas de interação entre estes dois parâmetros podem ser observadas nos trabalhos de Chapelle et al (1994) para ambientes marinhos, Doering et al (1995) e Heip e Herman (1995) para estuários, Thébault e Salençon (1993); Hamilton e Schladow (1995) e Salençon e Thébault, (1996) para reservatórios e Chen e Smith (1979) e Gallerano et al. (1993) para lagos. Através destes modelos pode-se ter uma maior compreensão dos fatores bióticos e abióticos envolvidos na dinâmica do ambiente aquático, possibilitando a construção de diversos cenários que servem como base para o gerenciamento destes recursos hídricos. Além dos estudos citados, outros autores avaliaram o vínculo da estrutura de comunidades biológicas com a dinâmica para alguns ambientes aquáticos, havendo inclusive modelos que associam hidrodinâmica, estrutura de habitat e comunidades biológicas (Demers et al., 1987; Jouffre et al., 1991 e Millet e Cecchi, 1992).

Em estudos ecológicos, muita atenção é dada para a relação entre fatores químicos e biológicos. Os fatores físicos parecem que são meros descritores do cenário. Entretanto, a importância de fatores físicos, como o vento, são determinantes na dinâmica das comunidades planctônicas em lagoas rasas. Portanto, é indispensável que estudos que visam a contemplar a junção entre estes fatores hidrodinâmicos do meio e os fatores bióticos, sejam monitorados com uma frequência amostral que reflita a realidade deste ecossistema aquático. A importância do conhecimento da biodiversidade em um ecossistema é uma ferramenta básica para qualquer estudo ambiental. Esta possibilita a interpretação do estado funcional do mesmo, indicando a importância ecológica das espécies em questão para a cadeia trófica.

Para entendimento destes pontos, este trabalho prevê inicialmente uma revisão básica sobre as principais definições ligadas a ecossistemas, cujo objetivo é caracterizar algumas terminologias que serão utilizadas e mostrar as diferentes formas de fluxo (matéria e energia). Pois para entender-se um ecossistema, como uma entidade física complexa ou como um paradigma para ciência, requer-se metodologias que representem a relação entre os fatores bióticos e abióticos do ambiente.

Como se pretende também caracterizar a análise do fluxo de insumo-produto, é importante caracterizar as origens da IOFA. Esta teoria apresenta a interdependência entre diversos setores de uma economia. Como salientado anteriormente, a análise do fluxo de insumo-produto (IOFA) pode ser representada através de modelos determinísticos ou estocásticos, sendo que estes modelos tiveram sua origem em um estudo de caso com o

objetivo de analisar a economia norte-americana, sendo uma extensão prática da teoria clássica de interdependência geral. Em termos econômicos as suposições básicas das técnicas de *input-output* permitem a criação de uma organização conceitual ou modelo geométrico que podem ser usados para análise econômica. Enquanto o sistema de *input-output* é reconhecido como uma ferramenta quantitativa para ajudar na tomada de decisão, também tem capacidades poderosas como uma ferramenta analítica.

Os antecedentes da análise de *input-output* na economia são decorrentes de vários esforços históricos que descrevem as interações entre vários setores em uma economia específica. Na década de 30, Leontief criou uma tabela para descrever as transações entre vários setores da economia norte-americana. A IOFA é uma ferramenta extremamente útil para resolver problemas econômicos, e é acima de tudo uma técnica bastante útil quando aplicada a alguns assuntos de economias em desenvolvimento. Um aspecto importante na análise de *input-output* é a descrição de transações que acontecem em várias indústrias em uma economia. A forma matricial não só descreve as transações entre indústrias produtoras, mas também as trocas que acontecem entre todos os setores da economia.

No segundo capítulo da revisão bibliográfica, todos estes pontos referentes à teoria econômica desenvolvida por Leontief são detalhados (desde seus antecedentes históricos). Também são enfocados, neste item, as premissas e as relações, tanto no ponto de vista determinístico quanto dinâmico, destacando-se as equações matemáticas resultantes e enfatizando a geração das matrizes de transição. Cabe salientar que além dos dados apresentados nesta tese, nos últimos três anos foram publicadas uma série de trabalhos referentes ao modelo descrito e desenvolvido por Leontief, isto se deve basicamente ao falecimento do autor no final de 1999.

Na seqüência (capítulo 2.3) são apresentados, teoricamente, alguns aspectos matemáticos que fundamentam a utilização dos dois modelos citados anteriormente. Neste capítulo são definidos e diferenciados mais detalhadamente os processos determinísticos e estocásticos, sendo que para isto é necessário alicerçar noções de probabilidade, distribuição e amostragem entre outros.

O objetivo principal desta Tese é a aplicação da análise de fluxo de *input-output* em ecossistemas, sendo esta metodologia apropriada para análise de modelos compartimentais, que representam fluxos conservativos de substâncias ou fluxos de energia. Os métodos

determinísticos evoluíram da aproximação de Leontief, contudo considerar-se-á as suas extensões estocásticas tratando estes fluxos com recursos baseados em processos markovianos.

Modelos compartimentais tornaram-se predominantes na representação da dinâmica dos sistemas ecológicos (Barber et al, 1979). Empregando o princípio de conservação de massa e energia, tais modelos podem ser formulados como sistema de diferença ou de equações diferenciais. Se gerado por tal modelo, ou através de medida empírica, ou qualquer meio, resta saber explicitamente a relação quantitativa entre os vários componentes de um sistema de fluxo. Recentes desenvolvimentos da IOFA habilitam a determinação de tais relações (Hirata, 1985). Com isto, no desenvolvimento da metodologia (capítulo 3) estas relações em nível ambiental serão desenvolvidas para posterior análise.

A modelagem de sistemas biológicos é bastante utilizada, sendo que a grande maioria destes modelos foi embasada e desenvolvida para caracterizar as principais teorias ecológicas (Odum e Odum, 2000). Entretanto, uma característica significativa quando avaliamos a aplicabilidade destes modelos em ecossistemas aquáticos, é a não consideração dos fatores hidrodinâmicos como um dos fatores que possam influenciar a comunidade biológica. Em relação aos ambientes aquáticos encontramos um número significativo de modelos hidrológicos (que não consideram os fatores biológicos) e também um número razoável de modelos de fluxo de massa ou energia que consideram apenas as características biológicas do sistema desprezando os fatores hidrológicos.

Outro problema decorrente da utilização de modelos em sistemas biológicos é a necessidade de obter um número muito grande de medidas e também a questão dimensional destas medidas. Na primeira situação muitos teóricos utilizam aproximações de dados ou a utilização de dados de outros ecossistemas (desde que estes possuam algumas características semelhantes). Em relação ao problema dimensional, principalmente quando se trabalha com fluxos, existe a necessidade de que todas as medidas possuam a mesma unidade dimensional.

Além destes problemas, existe a dificuldade de implementação dos modelos. Apesar de existir um número significativo de softwares de simulação e/ou modelagem, a grande maioria é específica ou possui complexidade de utilização, possuindo muitas vezes uma interface pouco amigável com o usuário. Em função disto, pequenas interpretações ou análises imediatas de ecossistema ficam prejudicadas, seja por não se possuir dados

suficientes ou não se ter dados compatíveis com o software. Uma solução para isto é a geração de programas específicos (utilizando-se de linguagens como FORTRAN ou C++, por exemplo), porém corre-se o risco de implementar programas complexos e de pouca aplicabilidade.

Em função do ressaltado até então, algumas hipótese foram propostas para o desenvolvimento deste trabalho, que irá utilizar os dados^{1.2} obtidos por Cardoso (2001), em sua parte final para estudo de caso:

- a) o modelo de *input-output* desenvolvido inicialmente para estudos econômicos é uma ferramenta útil e prática para análise de fluxo em ecossistemas aquáticos, tanto em nível estacionário quanto transiente;
- b) a implementação do modelo é simples;
- c) existe influência dos parâmetros hidrodinâmicos nos fluxos de massa e energia entre os subsistemas que compõem um ecossistema aquático.

Com base nas hipóteses propostas, este trabalho tem por objetivo principal o de aplicar a técnica, determinística e estocástica, de análise de *input-output* em ecossistemas aquáticos e caracterizar a necessidade ou não da hidrodinâmica nesta técnica. Mais especificamente, a partir dos dados obtidos e relatados por Cardoso (2001), pretende-se:

- a) caracterizar a facilidade de utilização da análise de *input-output* (determinística e estocástica) com o propósito de obter informações no que diz respeito aos fluxos (matéria e energia) existentes em ecossistemas aquáticos;
- b) empregar o modelo determinístico para determinar as relações de fluxo entre fitoplâncton e zooplâncton (consumidores primários e secundários) utilizando os dados referentes à Lagoa Itapeva;

^{1.2} O trabalho apresentado por Cardoso (201) é parte integrante do projeto Comportamento hidrodinâmico da Lagoa Itapeva (Litoral Norte do RS) e seu efeito potencial sobre comunidades planctônicas visando o gerenciamento dos recursos hídricos (processo n 976/0201.5 FAPERGS)

- c) aplicar o modelo estocástico, em função do tempo, para caracterizar a evolução de fluxo entre fitoplâncton e zooplâncton (consumidores primários e secundários);
- d) aplicar o modelo estocástico, em nível espacial, para caracterizar a evolução de fluxo entre fitoplâncton e zooplâncton (consumidores primários e secundários) na coluna d'água (fluxo vertical) e na extensão da lagoa (fluxo horizontal), sem a utilização de parâmetros hidrodinâmicos;
- e) verificar os resultados adquiridos, à luz de teorias probabilísticas no modelo proposto;
- f) determinar e comparar os parâmetros obtidos através do modelo determinístico e do modelo estocástico para cada ponto amostral testado;
- g) identificar e aplicar métodos para consolidação de dados (carbono total, produtividade, respiração e biomassa).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como salientado na introdução, os objetivos deste trabalho deixam claro que o enfoque adotado não implica em uma discussão profunda das interações ecossistêmicas, como também não prevê a geração de estruturas matemáticas e/ou estatísticas. Contudo, tanto os aspectos relacionados à teoria de sistemas ecológicos, como de sistemas econômicos (análise de insumo-produto) e uma série de questões de modelagem matemática foram discutidas e utilizadas ao longo da elaboração deste trabalho. Assim, esta revisão bibliográfica aborda especificamente informações que se julgam necessárias para balizar o projeto realizado, como:

- a) a visualização dos conceitos e definições vinculadas a ecologia e aos ecossistemas e suas inter-relações;
- b) a definição, os antecedentes e a caracterização do modelo econômico de insumo-produto que dá origem aos modelos matemáticos utilizados posteriormente;
- c) a caracterização dos princípios matemáticos e estatísticos capazes de fundamentar o modelo escolhido para estudo.

2.1. Ecologia de sistemas

2.1.1. Considerações sobre ecologia

Antes de se discutir sobre ecologia de sistemas é importante o conhecimento da origem e do significado do termo “ecologia”. Este termo foi empregado e apresentado pela primeira vez para o mundo científico em 1866, pelo biólogo alemão Ernst Haeckel (1834-1919), em seu livro *Generelle Morphologie des Organismen*, para designar “o estudo das relações de um organismo com seu ambiente inorgânico ou orgânico, em particular o estudo das relações do tipo positivo ou amistoso e do tipo negativo (inimigos) com as plantas e animais com que convive” (Haeckel *apud* Margalef, 1995). Entretanto, o interesse do homem pelos problemas ecológicos remonta ao início da humanidade, as raízes da ecologia são significativamente remotas, sendo algo em essência tão antigo quanto o homem (Pinto-Coelho, 2000). Odum (1985) ressalta os povos egípcios e os babilônicos no sentido de aplicarem metodologias ecológicas para combater pragas que assolavam as culturas de cereais nas margens do rio Nilo e na Mesopotâmia. Segundo Allan (1962) os gregos, como por exemplo Aristóteles, já produziam textos com enfoque evidentemente ecológico.

Outros fatos históricos relacionados com ecologia, antecedentes a formulação do termo, são relatados por Pinto Coelho (2000). Dentre estes fatos, salienta-se a influência de Van Leeuwenhoek (1632-1723), que além de ter inventado o microscópio, estudou e demonstrou a importância das cadeias alimentares e a regularização de populações. Gaunt (século XVI) foi pioneiro nos estudos demográficos, analisando taxas de nascimento e mortalidade. Os mais conhecidos fatos que fortaleceram o surgimento do estudo ecológico, ocorreram entre o final do século XVIII e o início do século XIX. Os principais estudiosos deste período foram Malthus (1798), Veshukst (1838), Farr (1843) e fundamentalmente Darwin (1859).

Etimologicamente a palavra ecologia é formada pela junção de duas palavras gregas, *oikos* que significa origem (lugar onde se vive ou ainda habitat), e *logos* que significa estudo (Begon et al, 1996). Este termo evoluiu até o presente, no sentido de designar uma ciência parte da Biologia e uma área específica do conhecimento humano que trata do estudo das relações dos organismos uns com os outros e com todos os demais fatores naturais e sociais

que compreendem seu ambiente (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 1990).

A ecologia é uma ciência integrada (uma ciência de síntese) porque utiliza vastos recursos científicos, recorrendo à Psicologia, à Sociologia, à Zoologia, à Botânica e muitas outras. Apenas a partir de 1930, que, o estudo da ecologia ganhou um espaço independente dentro da Biologia. Hoje os danos ambientais causados pelo aumento da população humana, pela escassez de recursos naturais e pela poluição ambiental fazem com que a ecologia seja um dos mais importantes ramos da ciência atual.

Como salientado, ecologia pode ser claramente definida como sendo a parte da biologia que trata das relações mútuas entre os organismos, e destes com meio ambiente. Em sentido literal, ecologia é a ciência ou o estudo dos organismos em “sua casa”, isto é em seu meio. Está em maior consonância com a conceituação moderna, definir ecologia como estudo da estrutura e da função da natureza, entendendo-se que o homem dela faz parte (Odum, 1985 e Dajoz, 1983), mais precisamente, ecologia é a parte da biologia que se empenha em explicar a origem, variação e função das estruturas das plantas e dos animais e a natureza das comunidades de plantas e animais (Sampson, 1952 citado por Nascimento Jr, 1997a). Sendo assim, a ecologia pode ser dividida em duas partes fundamentais: a ecologia vegetal que compreende a relação entre as plantas e destas com o meio ambiente (apresenta o problema da restrição a apenas um nível trófico); e a ecologia animal, que envolve o estudo dos organismos animais em relação aos seus habitats (neste caso os produtores autótrofos não são considerados).

Com efeito, verificamos que existe uma influência decisiva do meio ambiente sobre os seres vivos (ação), e destes sobre o meio (reação). No entanto, segundo Voisin (1980) esta divisão da ecologia em duas partes não pode e nem deve ser tão limitada e parcial, visto que os dois reinos são constantemente interdependentes, e é indispensável não ignorar um se queremos compreender as reações do outro (Ricklefs, 1996). Os animais, grandes ou pequenos, agem sobre as plantas e, além disso, as condições de vida dos animais são sempre mais ou menos influenciadas pelo meio vegetal, desde as bactérias até as plantas superiores.

Embora o termo ecologia refira-se à interação de todos os organismos em relação ao meio ambiente, Nascimento Jr. (1997a) citando Clements e Shelford (1939) tenta esclarecer estas relações, propondo o termo **bioecologia**. Este termo inclui ambos, plantas e animais e, ainda, suas interações com o meio ambiente. A vegetação exerce uma influência dominante sobre o meio ambiente; contudo, danos na vegetação podem afetar sobretudo os animais, devido às mudanças nos habitats destes animais.

A divisão clássica da ecologia, efetuada por Schroter, em 1896 e 1902, compreende dois grandes ramos: a **auto-ecologia** (ecologia das populações) e a **sinecologia** (ecologia de comunidades). A primeira é o ramo da ecologia que estuda a influência dos fatores externos sobre um animal ou um vegetal, ou ainda sobre uma espécie determinada. É, por assim dizer, o estudo individual de um organismo ou de uma espécie, em que é posto em destaque a sua biologia e o comportamento que apresenta na adaptação a um meio determinado, ou seja é a ecologia do indivíduo. O estudo da fisiologia das plantas, por exemplo, é considerado parte da **auto-ecologia**. A **sinecologia** estuda os grupos de organismos associados entre si, quer dizer, o estudo das comunidades naturais, incluindo animais e vegetais. Por outro lado, a **sinecologia** estuda a resposta, de plantas e animais, em relação ao meio ambiente. Ambos os aspectos fornecem uma informação importante para a preservação dos nossos recursos naturais.

Voisin (1980) define mais dois termos: ecologia estática e ecologia dinâmica. Segundo este autor, a ecologia estática inclui o estudo dos fatores climáticos, edáficos e topográficos, fatores estes, independentes da ação do homem e dos animais, e a ecologia dinâmica estuda a influência dos fatores bióticos (animais e plantas) e humanos sobre a vegetação.

A tendência atual é a de considerar a ecologia dividida em quatro subdivisões, não tendo em conta nenhuma das divisões apresentadas. Essas quatro subdivisões são: ecologia das espécies; das populações; das comunidades e dos ecossistemas. Esta divisão é mais vantajosa quando se trata do estudo dos princípios básicos. Pode-se, igualmente, dividir a ecologia tendo por base as diferentes naturezas do habitat, sendo então: ecologia marítima; ecologia de água doce; ecologia terrestre, etc.

Através desta última classificação, pode-se por exemplo definir ecologia urbana como o “estudo científico das relações biológicas, culturais e econômicas entre o homem e o meio ambiente urbano, que se estabelecem em função das características particulares dos mesmos e das transformações que o homem exerce através da urbanização” (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 1990).

A exemplo da zoologia, pode também se utilizar um critério taxionômico. Teríamos, então: ecologia das plantas; ecologia dos insetos; ecologia dos vertebrados, etc. Em função desta classificação, pode-se definir, por exemplo, ecologia humana como o “estudo científico das relações entre os homens e seu meio ambiente, isto é, as condições naturais, interações e variações em todos os aspectos quantitativos e qualitativos” (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 1990).

A divisão da ecologia é vantajosa porque facilita o seu entendimento e a sua metodologia, além de permitir a especialização dentro do seu vasto campo de estudo. Esta divisão, como visto anteriormente, pode basear-se nos critérios mais variados, contribuindo todos esses para atingir aqueles objetivos inicialmente desejados.

Resumindo, a ecologia é muito abrangente, envolvendo diversos ramos do conhecimento. Além da Biologia, da Física e da Química, também as Ciências Econômicas e Sociais têm de ser integradas, para que se possa entender a incrível complexidade das relações existentes entre o homem, os seres vivos e o planeta. Como podemos ver, o conhecimento dos efeitos e das inter-relações de cada fator é essencial para o uso eficiente dos recursos naturais (Krebs, 1994). A ecologia baseia-se em interações multi, poli e, principalmente, transdisciplinares. A Figura 2.1 mostra as interações entre a ecologia e outras ciências: ciências que fornecem ferramentas para o estudo ecológico e as ciências nas quais o conhecimento ecológico pode ser aplicado (Pinto-Coelho, 2000).

Com base nesta visão generalista, Wickersham et al (1975) *apud* Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (1990), apresentam uma definição bem mais abrangente para ecologia: “... é a ciência que estuda a dinâmica dos *ecossistemas*, é a disciplina que estuda os processos, interações e a dinâmica de todos os seres vivos com os aspectos químicos e físicos do *meio ambiente* e com cada um dos demais, incluindo os aspectos

econômicos, sociais, culturais e psicológicos peculiares ao homem, sendo, um estudo interdisciplinar e interativo que deve, por sua própria natureza, sintetizar informação e conhecimento da maioria, senão de todos os demais campos do saber. Ecologia não é meio ambiente. Ecologia não é o lugar onde se vive. Ecologia não é um descontentamento emocional com os aspectos industriais e tecnológicos da sociedade moderna”. Esta definição mostra a abrangência do termo ecologia, e que este é usado freqüente e erradamente para designar simplesmente o meio ou o ambiente (Dansereau, 1978).

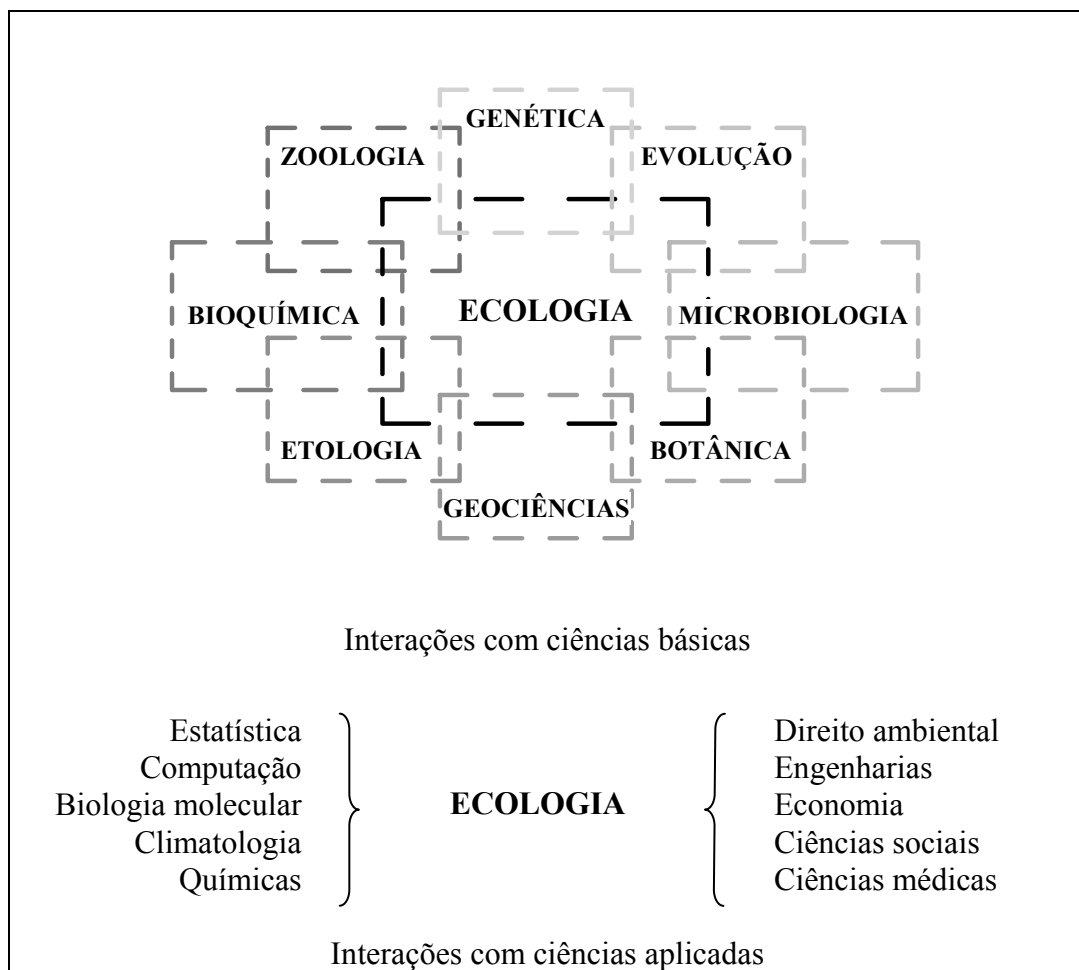


FIGURA 2.1: Interações entre a ecologia e outras áreas do conhecimento científico.

Fonte: Adaptado de Pinto-Coelho (2000).

Avaliando-se as definições encontradas em dicionários, observa-se que estes oferecem, felizmente, conceitos bastantes abrangentes. Para exemplificar tomamos as definições dadas nos dois principais dicionários da língua inglesa e portuguesa: Webster's (1987) e Ferreira (1997). No primeiro encontramos que ecologia é “o ramo da ciência concernente à inter-relação dos organismos e seus ambientes, manifestada em especial por

ciclos e ritmos naturais, desenvolvimento e estrutura das comunidades, distribuição geográfica, interações dos diferentes tipos de organismos, alterações de população”; e também é “o modelo ou a totalidade das relações entre os organismos e seu ambiente”. Já no dicionário da língua portuguesa encontramos que ecologia é a “parte da Biologia que estuda as relações entre os seres vivos e o meio ou ambiente em que vivem, bem como suas recíprocas influências”; e também é o “ramo das ciências humanas que estuda a estrutura e o desenvolvimento das comunidades humanas em suas relações com o meio ambiente e sua conseqüente adaptação a ele, assim como os novos aspectos que os processos tecnológicos ou os sistemas de organização social possam acarretar para as condições de vida do homem”.

Como se pode notar, a noção sobre ecologia e o seu estudo são fundamentais para:

- a compreensão e o equacionamento dos problemas gerais das sociedades contemporâneas, enquanto dependentes do sistema total da biosfera;
- a compreensão dos problemas de saúde humana dependentes do sistema de relações existentes entre o homem e o meio ambiente que o cerca; e ainda,
- como fonte de suporte e informação da metodologia de estudo da formação social contemporânea.

2.1.2. Ecossistema: conceitos e definições

Para entendermos o significado de ecossistema, é fundamental o esclarecimento sobre alguns outros termos, tais como biosfera, biocenose, biótopo, habitat e nicho ecológico, além da própria ecologia já desenvolvido anteriormente. Deve-se observar que todos estes termos estão interligados, e conseqüentemente são citados mutuamente entre as definições.

2.1.2.1. Biosfera

Cerca de 1 milhão de anos após ter se formado, a Terra ainda era um globo rochoso e quente, com alguma água acumulada na superfície. Sua atmosfera era provavelmente constituída por metano, amônia, gás hidrogênio e vapor d'água, entre outros compostos.

A medida que o planeta foi se esfriando, acumulou-se água nas depressões da crosta, e assim se originaram os primeiros lagos e mares da Terra. O intenso bombardeamento por radiações provenientes do Sol teria ocasionado alterações químicas e físicas nos componentes da atmosfera e da crosta terrestre, e, nesse cenário, a vida surgiu, há cerca de 3,5 milhões de anos (Leite, 1999).

Com o aparecimento dos seres vivos, uma nova entidade passou a fazer parte da constituição da Terra: além da litosfera^{2.1} (constituída pelas rochas e pelo solo), da hidrosfera^{2.2} (constituída pelas águas) e da atmosfera (constituída pelo ar), passou a existir a biosfera, representada pelos seres vivos e pelo ambiente em que vivem.

Biosfera, em sua definição mais simples, é o conjunto de regiões da Terra onde existe vida ou onde a vida se faz presente. Envolve a crosta terrestre, as águas e a atmosfera e, hoje sofre alterações significativas, rápidas e desastrosas, com a destruição sistemática de seus habitats e recursos naturais de que depende a comunidade planetária.

O termo "biosfera" foi introduzido em 1875 pelo geólogo austríaco Eduard Suess (1831-1914), durante uma discussão sobre os vários envoltórios da Terra. Em 1926 e 1929 o mineralogista russo Vladimir Vernandsky (1863-1945) consagrou definitivamente o termo, utilizando-o em duas conferências de sucesso (Nunes, 1999).

Embora a palavra "biosfera" nos leve à pensar em uma camada contínua de regiões propícias à vida em torno da Terra, isso não é exatamente verdade. A espessura da biosfera é

^{2.1} A parte sólida da Terra; crosta terrestre.

^{2.2} Invólucro hídrico do globo terrestre, que inclui os oceanos, lagos, rios, águas subterrâneas e o vapor aquoso da atmosfera.

um tanto irregular, devido ao fato de haver locais onde a vida é escassa ou mesmo inexistente. Por exemplo, em mares, lagos, florestas, pântanos e campos a vida é abundante e variada. Há, porém, áreas tão secas ou tão frias que dificultam, ou até impedem, o desenvolvimento da maioria dos seres vivos. É o caso das regiões quentes e desertas localizadas na faixa equatorial e das regiões geladas situadas junto aos pólos, onde poucas espécies conseguem viver.

A maioria dos seres terrestres vivem em regiões situadas até 5 mil metros acima do nível do mar. Entretanto, no Monte Everest, foi encontrada uma aranha vivendo a quase 7 mil metros de altitude, e já se observou aves migratorias voando a 9 mil metros de altitude. No mar, a maioria dos seres vivos habita a faixa que vai da superfície até 150 metros de profundidade, embora algumas espécies de animais e de bactérias vivam a mais de 9 mil metros de profundidade (Nunes, 1999 e Miranda, 2000).

De acordo com essas considerações, a biosfera teria espessura máxima de aproximadamente 17 ou 18 km, formando uma película finíssima quando comparada aos 13.000 km de diâmetro da Terra. Se o planeta fosse comparado a uma laranja, a biosfera não passaria de um fino papel de seda sobre sua superfície.

Observa-se que tudo na biosfera se relaciona, assim todos os ciclos de nutrientes e energia estão vinculados diretamente a ela. Exemplificando, na Figura 2.2 pode-se observar o fluxo de energia na biosfera. A energia entra sob a forma de energia solar, a qual é utilizada pelos produtores primários para promover as reações fotossintéticas através das quais o dióxido de carbono é convertido em açúcares.

2.1.2.2. Biocenose ou comunidade biológica

Segundo Leite (1999) e Nunes (1999) as diversas espécies que vivem em uma mesma região constituem uma comunidade biológica, também chamada comunidade biótica ou

biocenose^{2.3}. O termo "biocenose" (do grego *bios*, vida, e *koinos*, comum, público) foi criado pelo zoólogo alemão K.A. Möbius, em 1877, para ressaltar a relação de vida em comum dos seres que habitam determinada região. A biocenose de uma floresta, por exemplo, é composta de populações de arbustos, árvores, pássaros, formigas, microorganismos, etc., que convivem e se inter-relacionam.

Goodland (1975) define biocenose, fitossociologicamente, como “qualquer grupo organizado, natural, de animais ou plantas diferentes e interdependentes, com proporções e estruturas características num só habitat, o qual eles modificam”.

^{2.3} O termo comunidade biótica ou biológica é adotado por cientistas americanos, enquanto biocenose é utilizado por europeus e russos (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 1990).

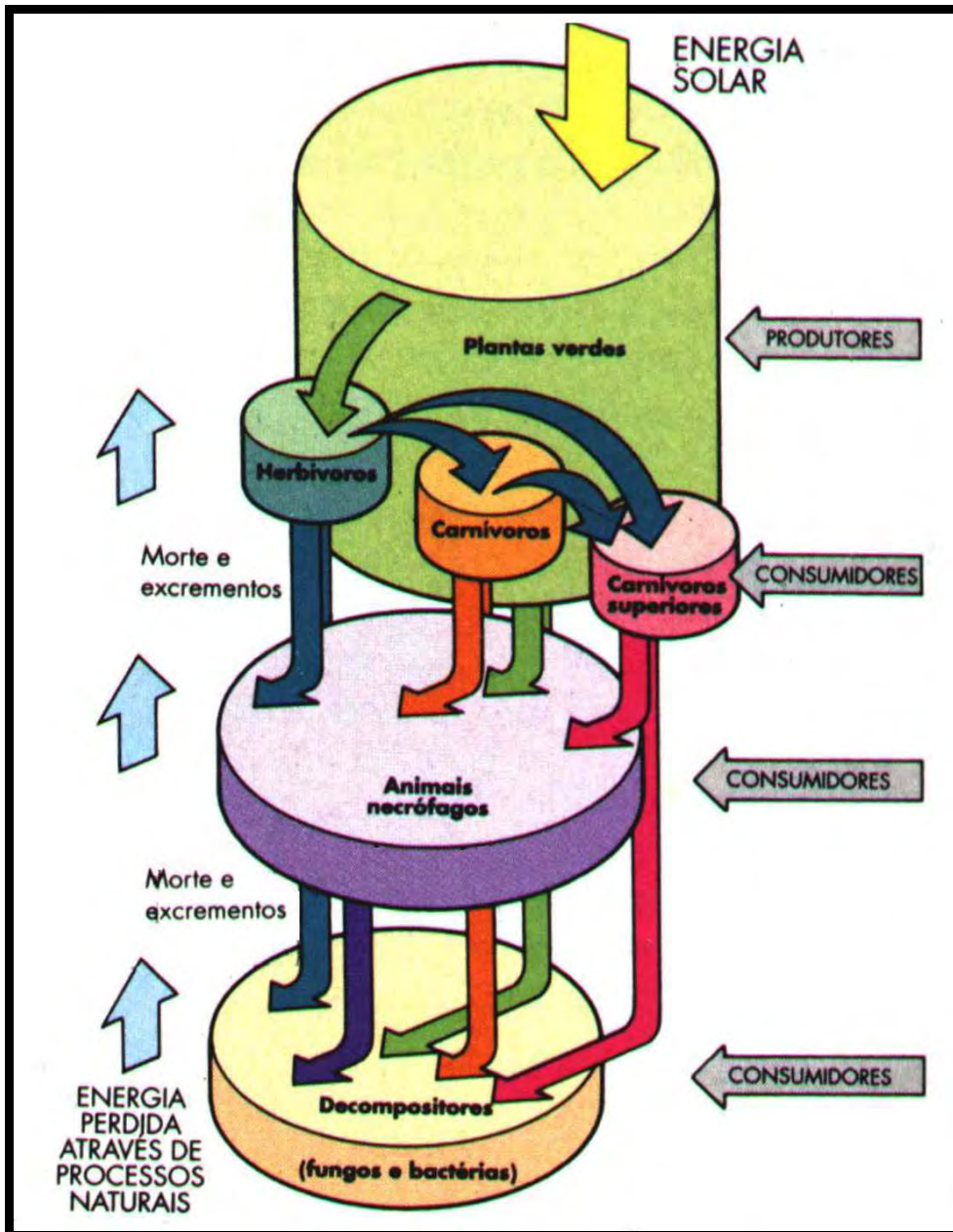


FIGURA 2.2: Exemplo esquemático do fluxo de energia na biosfera.

Fonte: Alzugaray e Alzugaray (1995).

Outras definições de biocenose comumente utilizadas são:

- “Conjunto no qual um indivíduo interage, e onde se concentram os fatores básicos mais significativos, diretos e indiretos, que o afetam” (Wickersham *et al*, 1975 *apud* Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 1990).

- “Conjunto de organismos de duas ou mais espécies que têm relações ecológicas mútuas e com o meio físico-químico ambiente” (Martins, 1992).
- “Conjunto de populações que habitam uma área determinada; representa o componente vivo de um ecossistema” (Beron, 1981 *apud* Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 1990).
- “Termo da hierarquia estrutural da ecologia, pertinente às diversas populações que interagem numa dada área” (USDT, 1980).
- “Um conjunto de organismos, em um ecossistema, cuja composição e aspecto são determinados pelas propriedades do ambiente e pelas relações de uns organismos com os outros. O componente biológico de um ecossistema” (ACIESP, 1987).
- “É um grupamento de seres vivos reunidos pela atração não recíproca exercida sobre eles pelos diversos fatores do meio; este grupamento caracteriza-se por determinada composição específica, pela existência de fenômenos de interdependência, e ocupa um espaço chamado *biótopo*” (Dajoz, 1983).
- “É um conjunto de populações animais ou vegetais, ou de ambos, que vivem em determinado local. Constitui a parte de organismos vivos de um *ecossistema*” (Carvalho, 1981).

Margalef (1995), utiliza-se das definições de biocenose para definir o termo biocentose^{2.4}. “Entende-se por *biocentose* uma comunidade formada por plantas e animais que se condicionam mutuamente e se mantém em um estado estacionário dinâmico, em virtude de reprodução própria, e só dependem do ambiente inanimado exterior à biocenose (ou exterior ao *biótopo*, que é o ambiente físico co-extensivo com a biocenose em questão), mas não, ou não essencialmente, dos organismos vivos exteriores”.

^{2.4} Caracteriza a biocenose (Michaelis, 2000).

2.1.2.3. Biótopo

Para viver, a biocenose depende dos componentes físicos e químicos do ambiente. Em seu conjunto, esses componentes formam o biótopo (do grego *bios*, vida, e *topos*, lugar), que significa "o loco onde vive a biocenose" (Nascimento Jr., 1997b). No exemplo de uma floresta, o biótopo é a área que contém o solo (com seus minerais e água) e a atmosfera (com seus gases, umidade, temperatura, grau de luminosidade, etc.). Os fatores abióticos^{2.5} do biótopo afetam diretamente a biocenose, e também são por ela influenciados (Botkin et al, 1972).

Stoddart (1980) divide o ecossistema em partes denominadas como fatores do biótopo, que podem ser classificados, segundo este mesmo autor, em fatores climáticos, edáficos, bióticos, fisiográficos, púricos e humanos (Figura 2.3). Todos estes fatores estão intimamente relacionados e a mudança em um fator pode modificar os outros fatores no ecossistema.

Pode-se observar, então, que o biótopo é o espaço ocupado pela *biocenose*, sendo uma área geográfica de superfície e volume variáveis, submetida a condições cujas dominantes são homogêneas. Logo, é uma extensão mais ou menos bem delimitada da superfície, contendo recursos suficientes para poder assegurar a conservação da vida. O biótopo pode ser de natureza orgânica ou inorgânica (Dajoz, 1983).

Margalef (1995) define biótopo de forma bastante simples: "lugar onde há vida. É o componente físico do *ecossistema*". Outras definições, mais detalhadas, são encontradas em Carvalho (1981) e ACIESP (1987). O primeiro, coloca que biótopo "é uma unidade ambiental facilmente identificável, podendo ser de natureza inorgânica ou orgânica, e cujas condições de habitat são uniformes. Pode abrigar uma ou mais comunidades. É geralmente a parte não viva do *ecossistema*". Segundo a Academia de Ciências do Estado de São Paulo (ACIESP), biótopo é "o microhabitat ou lugar, substrato, microclima e situação exatos de uma espécie, dentro de uma comunidade".

^{2.5} Caracterizado pela ausência de vida, sendo o lugar ou processo sem seres vivos (Goodland, 1975).

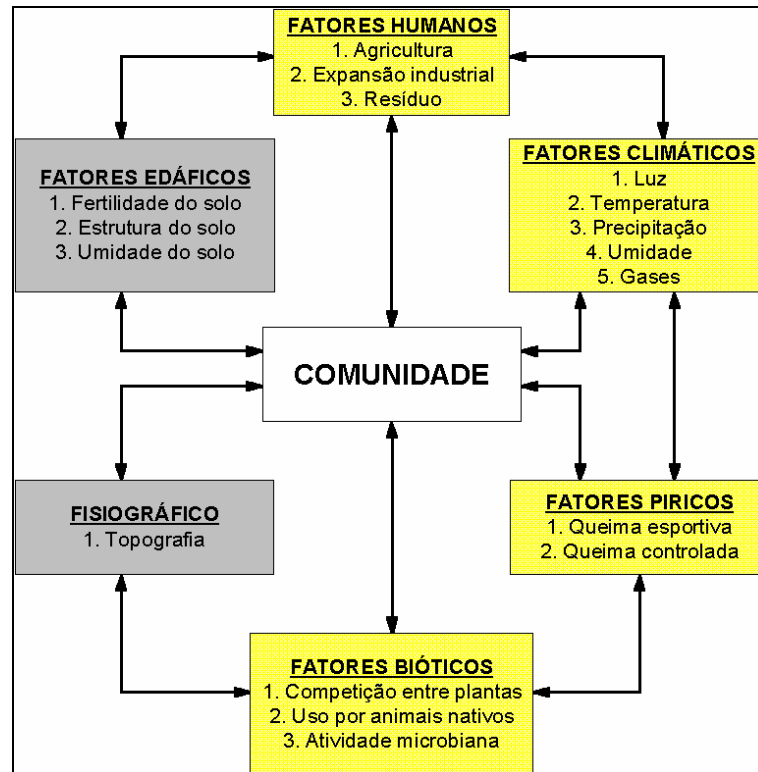


FIGURA 2.3: Esquema simplificado de fatores do biótopo num ecossistema.

Fonte: Adaptado de Stoddart (1980)

2.1.2.4. Habitat e nicho ecológico

O termo habitat é bastante utilizado e conseqüentemente existe uma série de definições, muitas delas decorrentes de sua aplicação ou do momento histórico. De maneira geral habitat significa "o local onde vive determinada espécie" (Van Dyne, 1969). Esta definição possui um sentido mais restrito do que biótopo, que se refere ao local onde vive toda a biocenose (item anterior). Exemplificando esta comparação, para falar-se do local onde vivem as girafas, deve-se usar o termo habitat; mas para referir-se ao local onde vive a biocenose da savana, fala-se em biótopo.

Habitat é um termo mais específico e restritivo do que *meio ambiente*. "é o espaço ocupado por um organismo ou mesmo uma população. Refere-se sobretudo à permanência de ocupação" (Dansereau, 1978). Desta forma, pode-se colocar que habitat é a soma total das condições ambientais de um lugar específico (onde obtém alimento, abrigo e condições de

reprodução), que é ocupado por um organismo, uma *população* ou uma *comunidade* (Martins, 1992 e USDT, 1980).

A conceituação de habitat é encontrada originalmente nas ciências biológicas, mas nas últimas décadas está sendo adotada pelas ciências sociais. Neste cômputo, o sentido de habitat tende a converter-se na categoria fundamental e unificadora das disciplinas que se ocupam da modificação e organização do espaço e de sua valoração e uso no tempo, com o fim de torná-lo habitável pelo homem, entendendo o homem como parte de um modelo social, em um determinado momento histórico (Sahop, 1978 *apud* Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 1990).

Em relação à expressão nicho ecológico, sabemos que o termo "nicho" (do italiano antigo *nicchio*) significa, originalmente, uma cavidade ou vão na parede onde se coloca uma estátua ou imagem. Por extensão, o termo "nicho" transmite a noção de um **ambiente escondido**, que inspirou o conceito de nicho ecológico, desenvolvido pelo ecólogo norte-americano C. Elton, no final da década de 1920: "Nicho ecológico é o conjunto de relações e atividades próprias de uma espécie, ou seja, o *modo de vida* único e particular que cada espécie explora no habitat" (Nunes, 1999).

Segundo Odum (1985), nicho ecológico inclui não apenas o espaço físico ocupado por um organismo, mas também seu papel funcional na comunidade (como, por exemplo, sua posição na cadeia trófica) e sua posição nos *gradientes* ambientais de temperatura, umidade, pH, solo e outras condições de existência. O núcleo ecológico de um organismo depende não só de onde vive, mas também do que faz (como transforma energia, como se comporta e reage ao meio físico e *biótico* e como o transforma) e de como é coagido por outras espécies. De uma forma mais sintética, Goodland (1975) define nicho ecológico como "o lugar de uma espécie na comunidade em relação às outras espécies, influenciando no papel desempenhado por um organismo no funcionamento de um sistema natural.

Pode-se observar, então, que o conceito nicho ecológico é abstrato, e engloba desde a maneira pela qual uma espécie se alimenta até suas condições de reprodução, tipo de moradia, hábitos, inimigos naturais, estratégias de sobrevivência dentre outros.

Muitas vezes confunde-se nicho ecológico com habitat. Em relação a isto, Odum (1985) expõe, de forma didática, a ligação entre estes dois conceitos: “habitat é o lugar onde vive ou o lugar onde pode ser encontrado um organismo. O habitat pode referir-se também ao lugar ocupado por uma *comunidade* inteira. Por analogia, pode-se dizer que o habitat é o ‘endereço’ do organismo e o *nicho ecológico* é, biologicamente falando, sua ‘profissão’”.

Atualmente, a utilização do termo nicho ecológico vem sendo significativamente discutido, entretanto, em função de sua história e aplicabilidade ainda é mantido e respeitado cientificamente (Jax et al, 1992, Cousins, 1987 e Müller et al, 1992.).

2.1.2.5. Níveis tróficos, cadeias e teias alimentares

Nível trófico, cadeia alimentar e teia alimentar, são três expressões cujas definições se entrelaçam.

Desde que Lindermann (1942) desenvolveu o conceito clássico de dinâmica de comunidades é que cresceu o interesse geral da transferência (massa e energia) dentro de ecossistemas. Sendo que os organismos com hábitos alimentares similares são agrupados, e cada grupo ou nível alimentar é denominado de nível trófico. Conforme Phillipson (1969) e utilizado por Kormondy (1996), nível trófico é a posição do organismo dentro de uma cadeia alimentar: produtor, herbívoro ou carnívoro.

Conforme Pinto-Coelho (2000), existem inúmeras maneiras de expressar as diferenças entre os diferentes níveis tróficos (cadeias alimentares, teias tróficas, pirâmides energéticas, matrizes tróficas ou ainda por fluxo trófico-dinâmico). Para exemplificar, a Figura 2.4 e 2.5, mostram um ciclo alimentar genérico e um esquema deste ciclo de forma diagramática respectivamente, baseados nos conceitos de Lindermann (1942) sobre a dinâmica de uma comunidade. Neste exemplo as diferenças entre os níveis são expressas em relação ao conteúdo de energia (*standing crop*). O nível trófico é designado, normalmente, pela letra grega maiúscula lambda (Λ). Entretanto, em um ecossistema existe mais de um nível trófico e, portanto, um subscrito é empregado para indicar qual dos níveis tróficos está se referindo;

portanto Λ_1 representa produtores, Λ_2 , herbívoros, e assim por diante. Em termos gerais, Λ_n é utilizado para indicar qualquer desses níveis, assim, se Λ_n é aplicado aos herbívoros, então, Λ_{n-1} significa os produtores, e Λ_{n+1} os carnívoros (Phillipson, 1969).

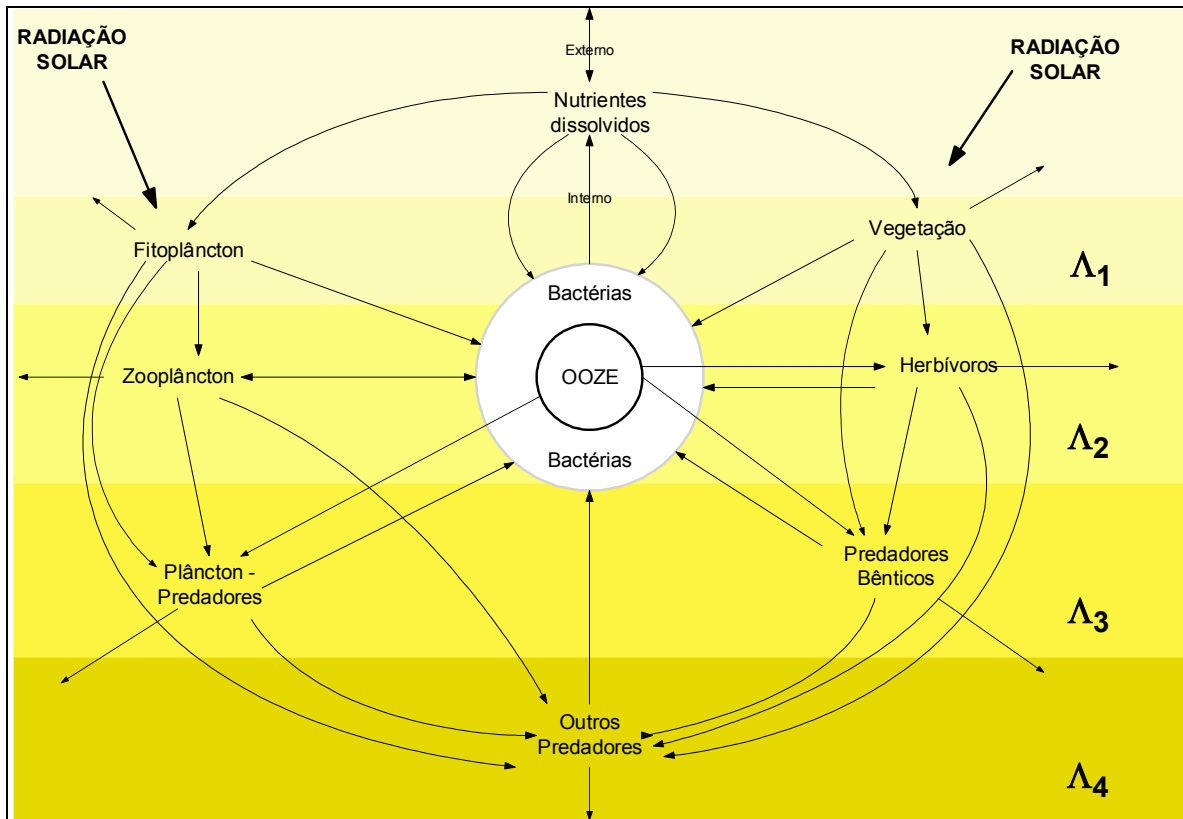


FIGURA 2.4: Representação genérica de um ciclo alimentar lacustre.

Fonte: Adaptado de Lindeman (1942).

Pode-se ver na Figura 2.5 que os organismos com hábitos alimentares similares foram agrupados, como na tradicional pirâmide ecológica, e cada grupo ou nível alimenta é denominado por um **nível trófico**.

Segundo Dajoz (1983), pode-se definir nível trófico como o “número de etapas que separam um organismo dos vegetais clorofilados na cadeia alimentar”. Já Dansereau (1978), define como: “etapas, mais ou menos marcadas e estratificadas no espaço e no tempo, através das quais os processos de ciclagem transformam os recursos de um estado para outro (por exemplo, do mineral ao vegetal e depois ao animal)”.

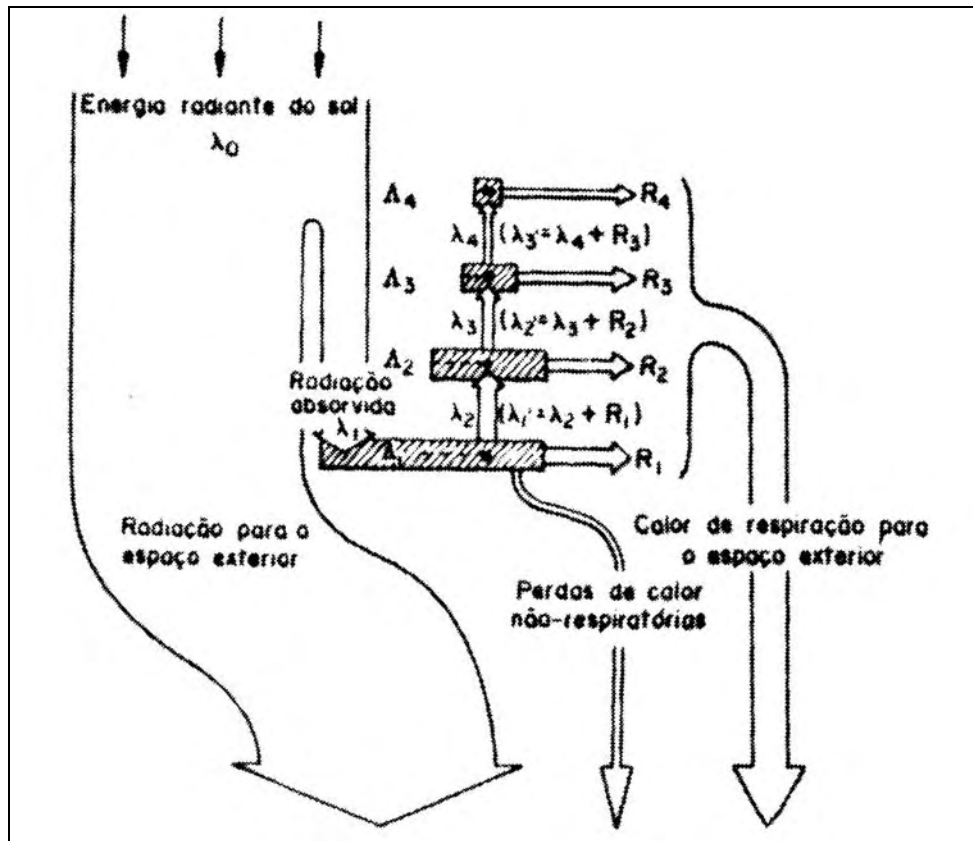


FIGURA 2.5: Representação diagramática do conceito de Lidersmann (1942) sobre a dinâmica de uma comunidade.

Fonte: Phillipson (1969).

É evidente que uma planta usada como alimento por um animal pode ser alimento de outro animal, e este indivíduo, por sua vez, pode ser ainda alimento de um terceiro, e assim por diante. Tal seqüência de eventos é denominada cadeia alimentar (Phillipson, 1969).

Odum (1985) evidencia o conceito anterior, colocando que a transferência de energia alimentícia desde a origem (nas plantas), através de uma série de organismos, com as reiteradas atividades, alternadas, de comer e ser comido, chama-se cadeia alimentar (Figura 2.6). Goodland (1975), salienta que o canal de transferência de energia entre os organismos, é responsável pela conexão (elo) de alimentação do organismo precedente e, por sua vez, a sustentabilidade do próximo organismo. Segundo a ACIESP (1987), cadeia alimentar é a seqüência simples de transferência de energia entre organismos em uma *comunidade*, em que cada *nível trófico* é ocupado por uma única *espécie*.

Em ecologia, a seqüência de transferência de energia, de organismo para organismo, em forma de alimentação (as cadeias alimentares) se entrelaçam, num mesmo *ecossistema*, formando *redes alimentares*, uma vez que a maioria das espécies consome mais de um tipo de animal ou planta. Assim, as relações alimentares de um ecossistema, se observadas em conjunto, formam um intrincado esquema (a teia ou rede alimentar). Na natureza as inter-relações de alimento e alimentação entre plantas e animais raramente são simples. A descoberta e a descrição de uma rede alimentar, em que qualquer habitat, é um trabalho bastante árduo.

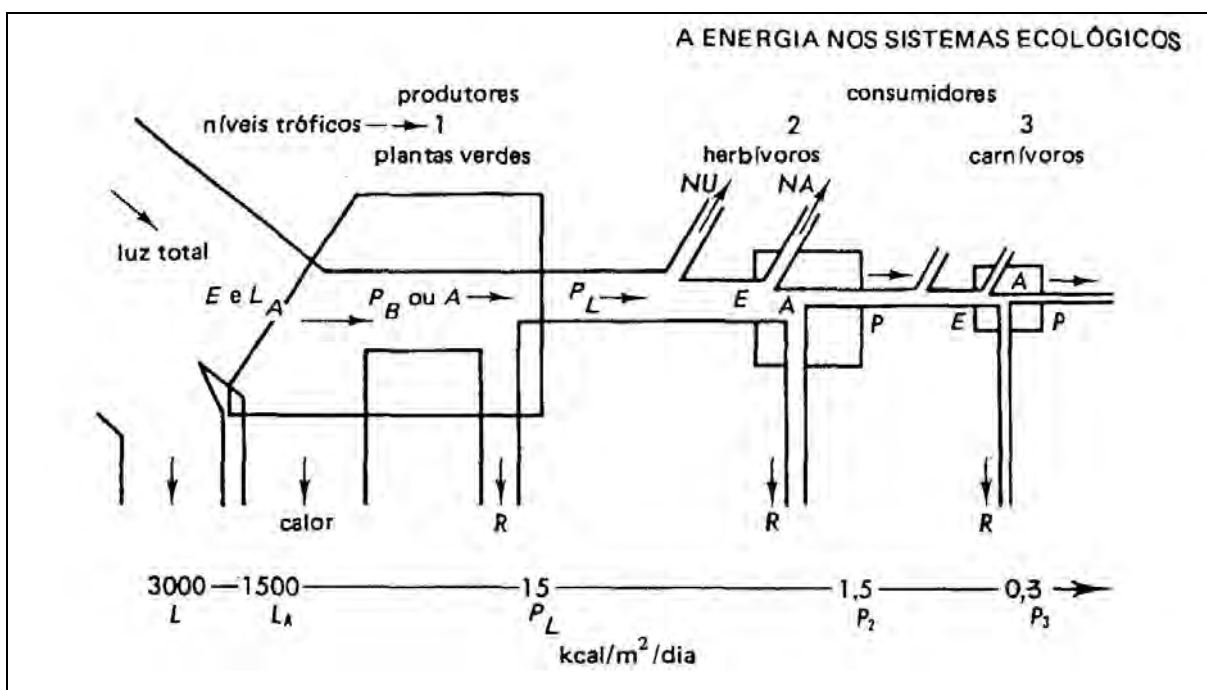


FIGURA 2.6: Diagrama simplificado de fluxo energético mostrando três níveis tróficos de uma cadeia alimentar (E = entrada total de energia; L_A = luz absorvida pela cobertura vegetal; P_B = produção primária bruta; P_L = produção primária líquida; P = produção secundária; NU = energia não utilizada; R = respiração e NA = energia não assimilada).

Fonte: Odum (1988).

Conforme Carvalho (1981), redes alimentares representam “o conjunto formado por várias *cadeias tróficas* que, por força de suas estruturas, naturezas e disposições no *ecossistema*, se sobrepõem e se interligam parcialmente, apresentando-se como uma trama sem início nem fim, em razão de sua complicada aparência, imposta pelas relações entre seus *níveis tróficos*”. A Figura 2.7 apresenta um exemplo de rede alimentar descrito por Odum

(1988), onde é mostrada de forma esquemática, uma cadeia de detritos baseada em folhas de mangue que caem nas águas rasas de estuários no sul da Flórida.

Em relação à questão energética, quando se analisam as redes alimentares, observa-se que o que resta da energia fixada pelos produtores na matéria orgânica é totalmente consumida e os produtos minerais usados na fotossíntese regressam ao ambiente, podendo de novo voltar a ser reutilizados. A transferência do alimento (energia) de nível para nível trófico a partir dos produtores faz-se, como se pode ver, através de cadeias alimentares, cuja complexidade é variável. Na maioria das comunidades, cada consumidor utiliza como alimento seres vivos de vários níveis tróficos. Daí resulta que na natureza não há cadeias alimentares isoladas, apresentam sempre vários pontos de cruzamento, formando redes ou teias alimentares, geralmente de elevada complexidade.

Muitos autores vêm estudando as relações entre os níveis tróficos, principalmente em relação às transferências energéticas. Teramoto (1993) e Herendeen e Patten (1988) avaliaram a estrutura dinâmica do ponto de vista energético em diferentes níveis tróficos. Patten et al (1990), em trabalho semelhante, determinaram o significado dos ciclos e dos estoques na dinâmica das redes tróficas, sendo que este conceito de estocagem é bem definido em Odum (1988) como pode ser visto na Figura 2.8. Landsberg (1972) discute os níveis tróficos e as cadeias alimentares dentro dos princípios termodinâmicos, propondo uma nova lei que caracterize os fatores ambientais. Jørgensen (1990); Higashi et al (1993); Burns et al (1991) e Breckling (1992) relataram a complexidade das redes tróficas, como também, alguns modelos de avaliação desta complexidade.

2.1.2.6. Componentes bióticos e abióticos

Substâncias abióticas são compostos inorgânicos e orgânicos básicos, como água, dióxido do carbono, oxigênio, cálcio, nitrogênio, sais de fósforo, aminoácidos e ácidos húmicos etc. Segundo Odum (1985), o *ecossistema* inclui tanto os organismos (*comunidade biótica*) como um ambiente abiótico. Guerra (1978) relaciona abiótico com azóico, isto é, período da história física da Terra, sem organismos vivos.

Braile (1992) define comunidade biótica como todas as espécies de plantas e animais existentes dentro de uma determinada área. Outras definições podem ser observadas no item 2.1.2.2. Os componentes bióticos, resumidamente, são divididos em quatro classes principais: produtores, consumidores, decompositores e manipuladores (Stoddart, 1980).

Como os organismos fotossintetizantes produzem seu próprio alimento, são chamados de autotróficos ou *produtores*. Todos os outros organismos são conhecidos como heterotróficos ou *consumidores*, pois consomem outros organismos vivos. Os consumidores podem ser divididos em vários subgrupos, os animais que comem plantas são os herbívoros ou *consumidores primários*, estes por sua vez, são presas de carnívoros, que são os *consumidores secundários* ou *terciários*. Quando plantas e animais morrem, são decompostos pelos *decompositores* e seus nutrientes são liberados para o solo, podendo ser reutilizados por novos organismos. Um exemplo disto pode ser visto na Figura 2.7, onde além do fluxo energético pode-se ver que os fragmentos foliares, são atacados por saprófitos e colonizados por algas, estes indivíduos são ingeridos por um grupo importante de pequenos detritivos, os quais por sua vez, representam o alimento principal de peixes de pesca esportiva, de garças, cegonhas e de íbis.

Através da fotossíntese os organismos produtores transformam a energia radiante em energia química e esta é utilizada em seu próprio processo vital. Estas sustentam, direta ou indiretamente, todos os grupos de organismos do ecossistema. Os consumidores são os animais que assimilam, rearranjam e distribuem a energia capturada pelas plantas. Muitos consumidores, pelo fato de terem alimentação variada, podem ocupar no ecossistema, do qual fazem parte, vários níveis tróficos. Decompositores ou redutores evitam o acúmulo de matéria orgânica no ambiente. Sem estes organismos o funcionamento do ecossistema não seria possível, visto que, a ciclagem de nutrientes não ocorreria, pois estes permaneceriam ligados à matéria orgânica não decomposta.

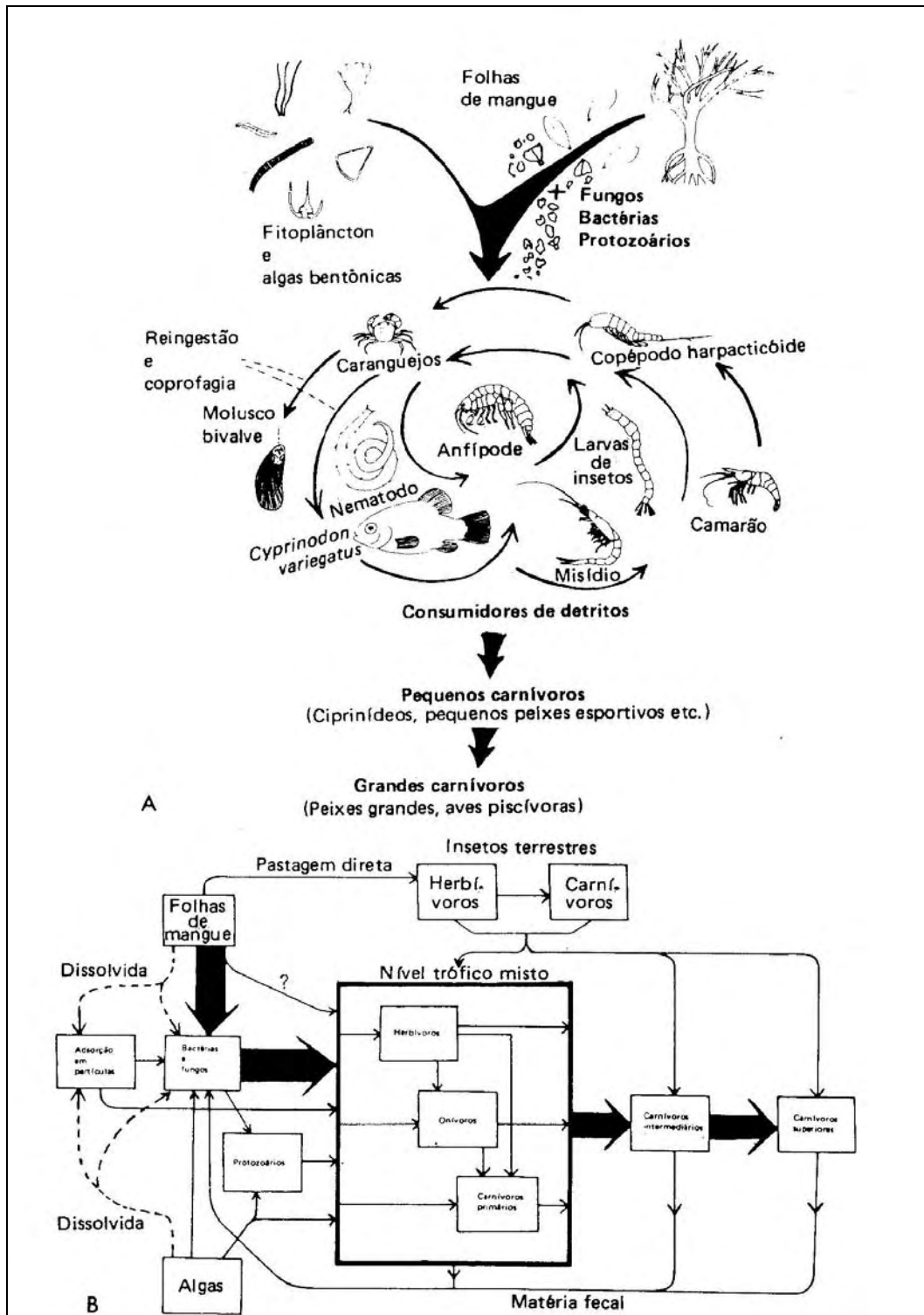


FIGURA 2.7: Esquema de uma cadeia de detritos onde o esquema A representa um “modelo de figura” da cadeia alimentar, e o esquema B, um “modelo de compartimentos”.

Fonte: Odum (1988)

Alguns autores ainda classificam um quarto grupo (como visto anteriormente), os manipuladores. Estes são os organismos que manipulam os fatores do ecossistema em seu próprio benefício. Interferem constantemente no sistema através de suas atividades, as quais podem influenciar positiva ou negativamente os processos do ecossistema (Stoddart, 1980).

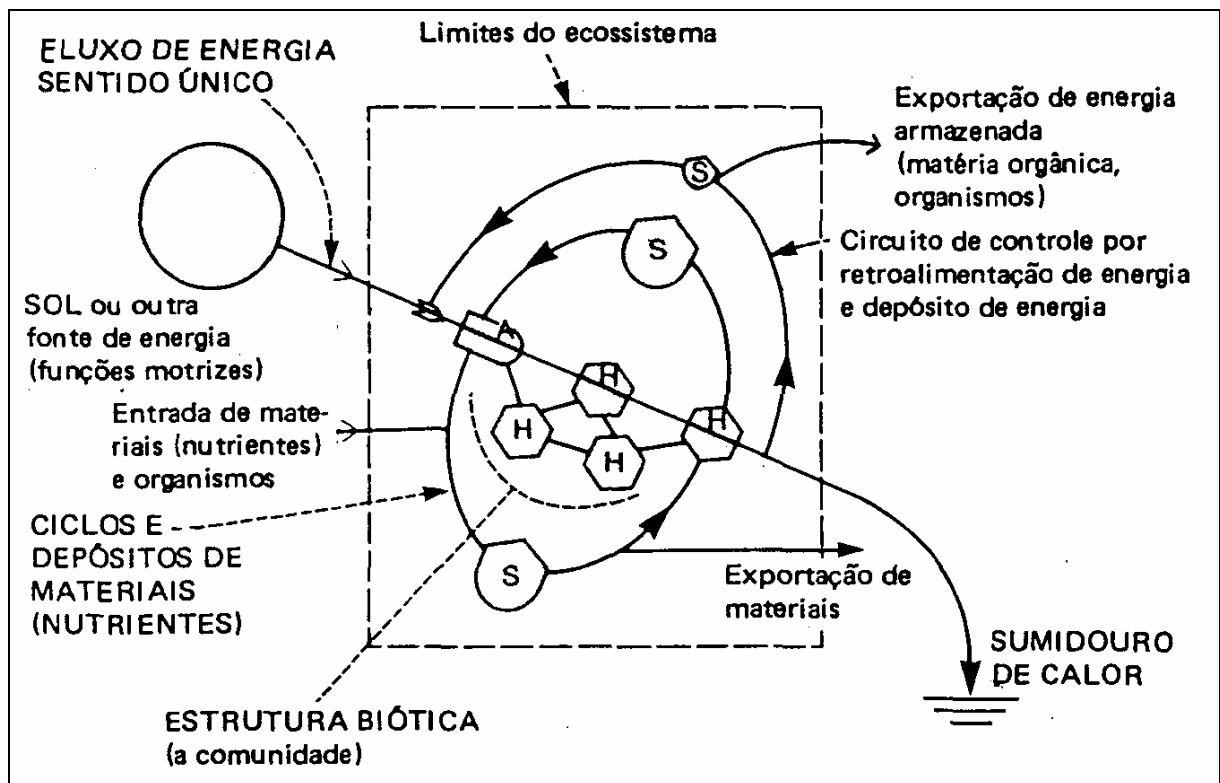


FIGURA 2.8: Diagrama funcional de um ecossistema, onde a comunidade está expressa como uma rede alimentar de autótrofos (A), heterótrofos (H) e os depósitos são indicados por S (*storages*).

Fonte: Odum (1988).

2.1.2.7. Definição, componentes e funcionamento de ecossistemas

O termo ecossistema foi usado pela primeira vez em 1935 por Tansley (“*a biocenose e seu biótopo constituem dois elementos inseparáveis que reagem um sobre o outro para produzir um sistema mais ou menos estável que recebe o nome de ecossistema*”), para descrever o complexo de todos os organismos e o seu meio ambiente, mas a idéia de um

complexo ecológico é muito remota, sendo adaptada, posteriormente, pelos ecologistas (Stoddart, 1980).

Lindemann, pela primeira vez em 1942, disse que um ecossistema é um sistema constituído de vários compartimentos. Estes compartimentos são denominados níveis tróficos de alimentação e incluem os organismos produtores, consumidores e decompositores. Ainda acrescentou que a energia solar é transferida através destes vários compartimentos (Pinto-Coelho, 2000 e Lindeman, 1942).

Posteriormente, Odum (1985) conceituou o ecossistema como sendo uma unidade funcional básica da natureza que inclui ambos os organismos, vivos e não vivos, cada um interagindo com os outros e influenciando em outras propriedades, sendo ambos necessários para manutenção e desenvolvimento do sistema. Deste modo, um ecossistema pode ser visualizado como uma série de componentes, tais como: população de espécies, matéria orgânica, nutrientes disponíveis, minerais primários e secundários e gases atmosféricos, ligados pela teia alimentar, fluxo de nutrientes e fluxo de energia (Van Dyne, 1969). O ambiente abiótico a que se referiu Odum é o ambiente físico, que compreende o clima, o solo, os recursos hídricos, a atmosfera, etc. Em outras palavras, o ecossistema é um sistema aberto que inclui, em uma certa área, todos os fatores físicos e biológicos (elementos *bióticos e abióticos*) do ambiente e suas interações, o que resulta em uma diversidade biótica com estrutura trófica claramente definida, e na troca de energia e matéria entre esses fatores uma unidade funcional, na qual os componentes do meio físico e as comunidades de plantas e animais interagem entre si.

Dajoz (1983) e Beron (1981) *apud* Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (1990) colocam que o ecossistema é a unidade funcional de base em ecologia porque inclui, ao mesmo tempo, os seres vivos e o meio onde vivem com todas as interações recíprocas entre o meio e os organismos.

A seguir, estão descritas outras definições muito utilizadas para ecossistemas:

- “Os vegetais, animais e microrganismos que vivem numa região e constituem uma comunidade biológica que estão ligados entre si por uma intrincada rede de relações que

inclui o ambiente físico em que existe estes organismos. Estes componentes físicos e biológicos interdependentes formam o que os biólogos designam com o nome de ecossistema” (Ehrlich e Ehrlich, 1972).

- “É o espaço limitado onde à ciclagem de recursos através de um ou vários níveis tróficos é feita por agentes mais ou menos fixos, utilizando simultânea e sucessivamente processos mutuamente compatíveis que geram produtos utilizáveis a curto ou longo prazo” (Dansereau, 1978).

- “É um sistema aberto integrado por todos os organismos vivos (compreendido o homem) e os elementos não viventes de um setor ambiental definido no tempo e no espaço, cujas propriedades globais de funcionamento (fluxo de energia e ciclagem de matéria) e auto-regulação (controle) derivam das relações entre todos os seus componentes, tanto pertencentes aos sistemas naturais, quanto os criados ou modificados pelo homem” (Sunkel, 1981).

- “Sistema integrado e autofuncionante que consiste em interações de elementos *bióticos e abióticos*; seu tamanho pode variar consideravelmente” (USDT, 1980).

Stoddart (1980), propõe uma forma para se estudar o ecossistema, separando os organismos vivos ou porção biótica dos organismos não vivos ou porção abiótica (Figura 2.9). O solo neste caso, composto de elementos minerais, húmus e organismos vivos, atua como uma ponte entre os organismos vivos e não vivos. Fazem parte da porção biótica, os produtores, consumidores, redutores e manipuladores e da porção abiótica, o material geológico, a topografia, o fogo e o clima.

Como visto anteriormente, um ecossistema é uma comunidade natural auto-regulada de organismos vivos que interagem tanto entre si quanto com o meio não vivo que os circunda. Os ecossistemas são modelos simplificados do mundo real, mas estudando-os, pode-se muitas vezes obter uma idéia melhor de como, por exemplo, florestas, lagos e campos realmente funcionam e como os complexos grupos de espécies se inter-relacionam.

Os principais pontos a serem estudados são os fluxos de energia e os ciclos geoquímicos. Estes fluxos ocorrem nos diferentes tipos de ecossistemas (aquáticos ou terrestres), com isto é importante conhecer cada ecossistema para daí realizar-se alguma análise. Observando as Figuras 2.10, 2.11, 2.12, 2.13 e 2.14, pode-se notar as diferenças existentes em alguns tipos de ecossistemas.

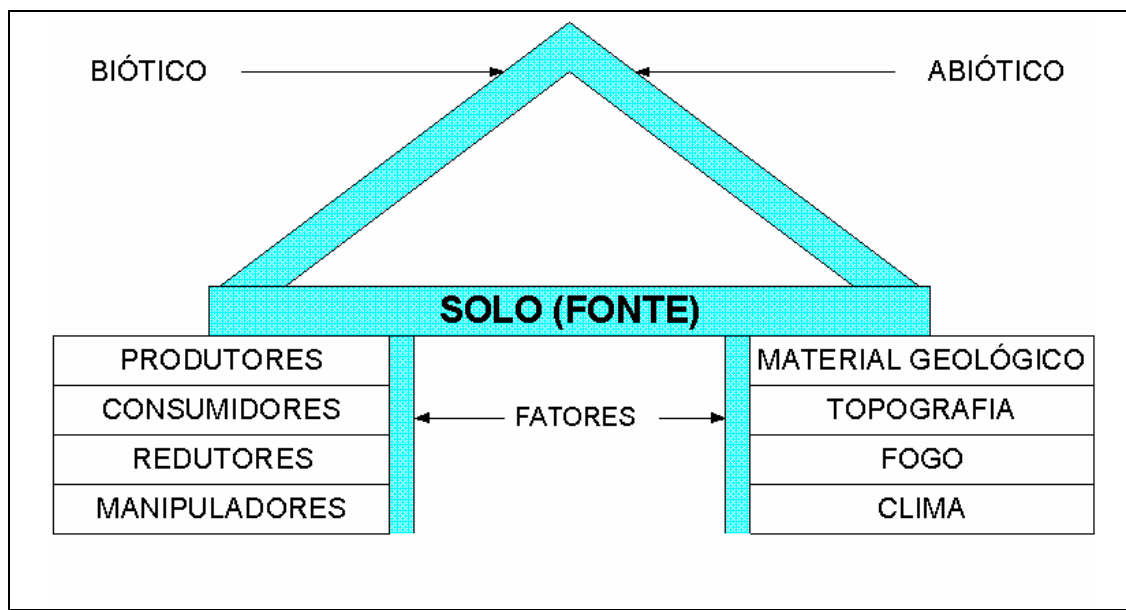


FIGURA 2.9: Relação entre os fatores bióticos/abióticos num ecossistema

Fonte: Adaptado de Stoddart (1980)

O diagrama mostrado na Figura 2.10, é característico de um ecossistema marinho, onde se pode observar o fluxo da turbulência em direção ao fitoplâncton e zooplâncton. Esta turbulência no sistema é que mantém o plâncton em movimento, ajudando a prover suas necessidades e levando à superfície aqueles que estão no fundo do mar. Assim, o fitoplâncton é o produtor, sendo composto basicamente de diatomáceas, dinoflagelados e outras algas microscópicas. O zooplâncton é composto por animais em suspensão, que em sua maior parte se alimenta do fitoplâncton, como por exemplo protozoários microscópicos e até medusas.

O diagrama mostrado na Figura 2.11, como o mostrado na Figura 2.10, também é de um ecossistema marinho, porém mais especificamente de um sub-sistema de corais. Neste caso pode-se ver que os corais conseguem a maioria de seu alimento e energia, para formação do esqueleto, através da fotossíntese de algas simbióticas chamadas *zooxanthellae*, que vivem em seus tecidos. Segundo Odum et al (1988) os nutrientes produzidos pelo metabolismo

desses alimentos são utilizados pelo *zooxanthellae*, e a alta densidade populacional nos recifes requer conseqüentemente, fortes correntes e/ou a ação das ondas para abastecer o oxigênio para respiração, nutrientes para o crescimento, carbonatos para os esqueletos e outros alimentos. Outra característica observada na Figura 2.11, é que neste tipo de ecossistema há muitas relações simbióticas entre os organismos, caracterizando assim um sistema de alta diversidade, pois há muitos tipos de organismos mas pequenas populações de cada tipo.

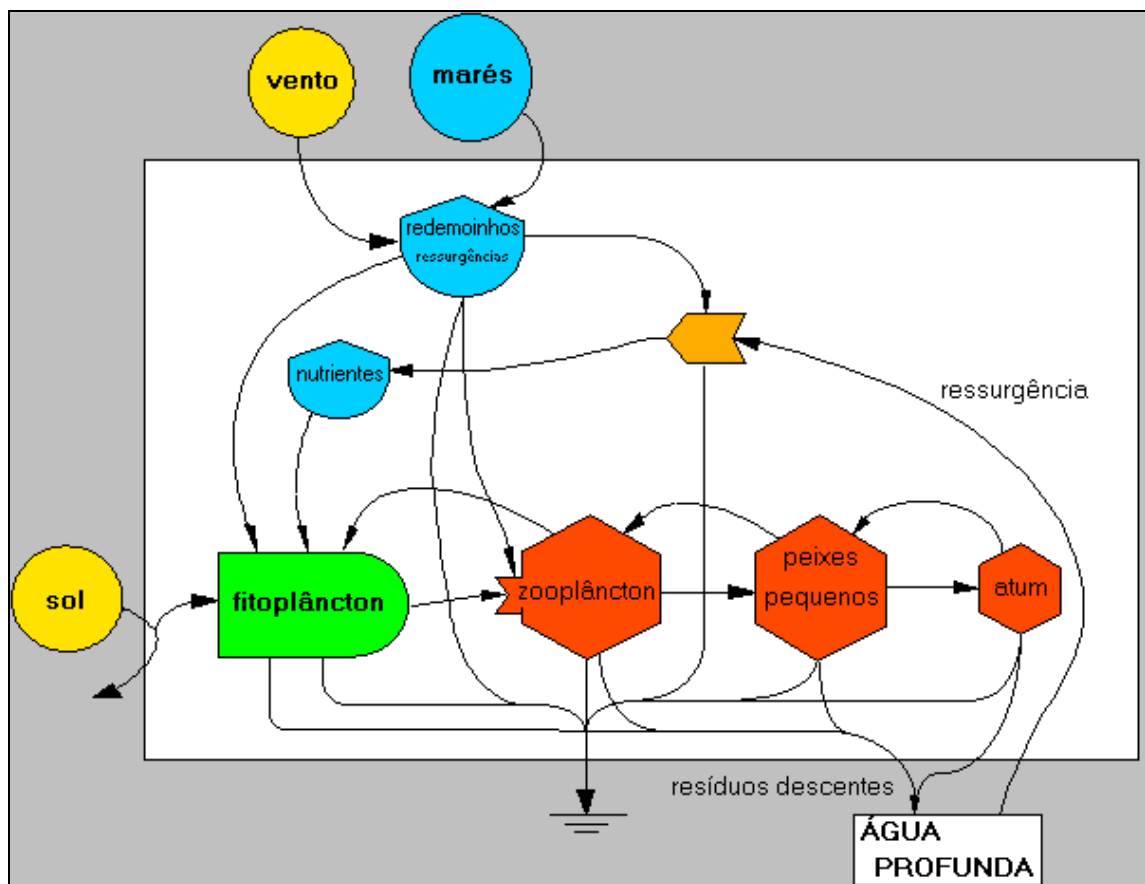


FIGURA 2.10: Diagrama de um ecossistema marinho mostrando fluxos de energia dentro e fora da água profunda.

Fonte: Adaptado de Odum et al (1988).

A Figura 2.12 caracteriza um diagrama de energia de um estuário, onde é demonstrado o papel da energia cinética. Segundo Odum et al (1988), as células de fitoplâncton se mantêm suspensas pelo movimento e este movimento ajuda na fotossíntese das plantas trazendo nutrientes, como dióxido de carbono (CO_2), nitrogênio (N) e fósforo (P). Assim, a energia cinética ajuda ao processo de reciclagem. A agitação é outro ponto importante neste tipo de

ecossistema, pois ela faz com que as partículas de matéria orgânica fiquem em suspensão e em movimento, de forma que os animais do fundo possam capturá-las e se alimentar delas atuando como filtros naturais.

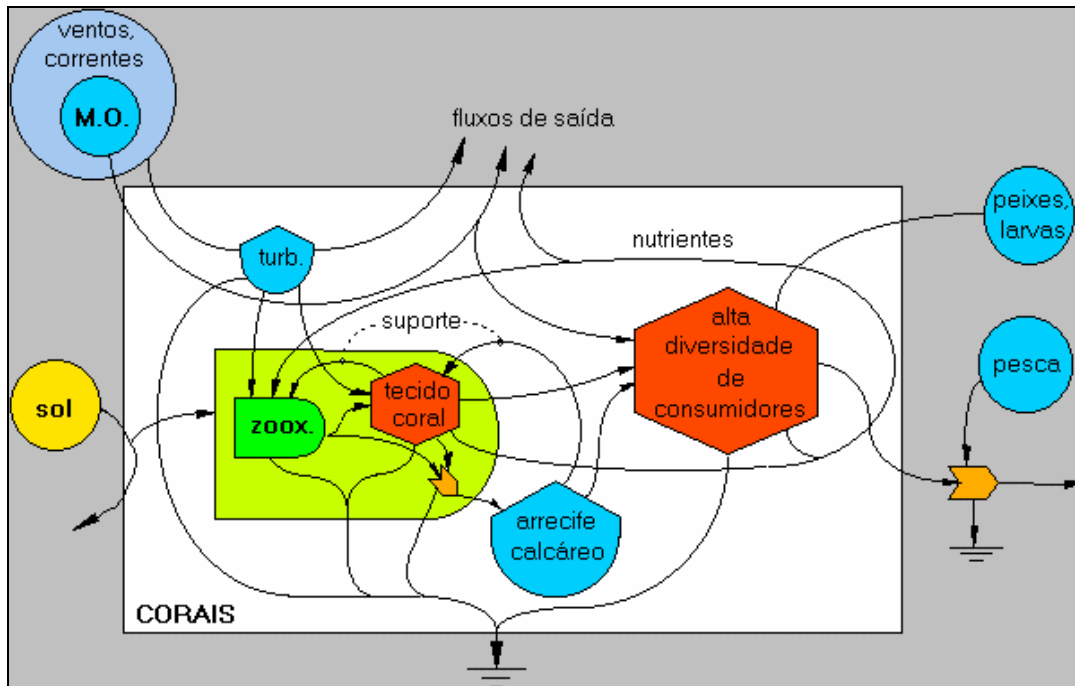


FIGURA 2.11: Diagrama esquemático de um ecossistema de recifes de coral, onde M.O. corresponde às partículas de matéria orgânica na água.

Fonte: Adaptado de Odum et al (1988).

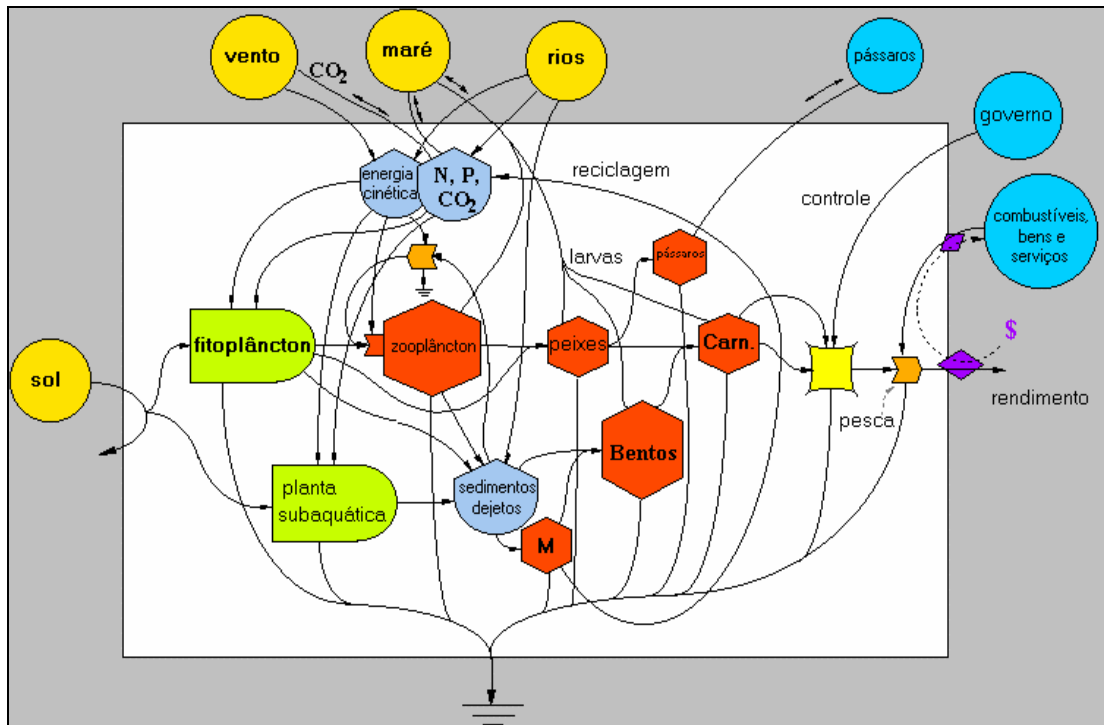
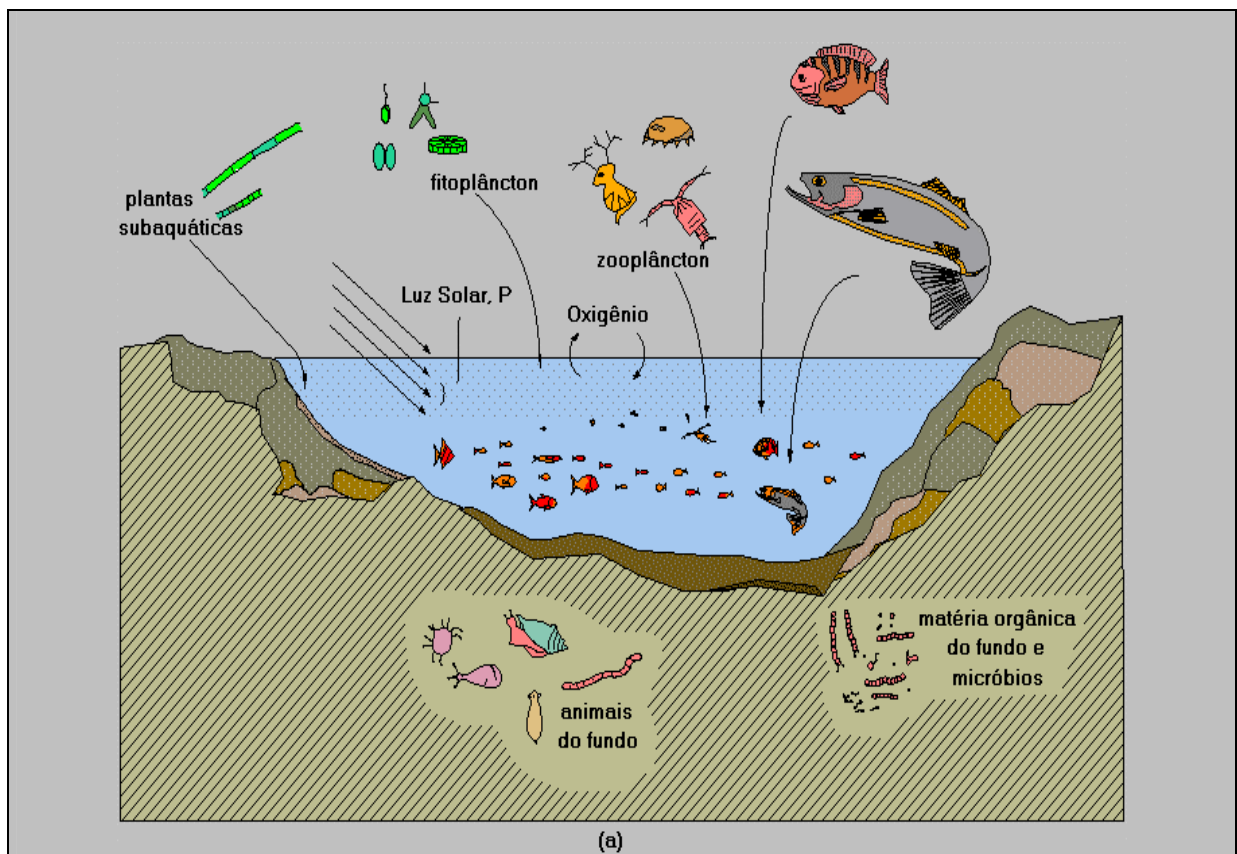


FIGURA 2.12: Diagrama de energia de um estuário, onde: M = microorganismos; N = nitrogênio e P = fósforo.

Fonte: Adaptado de Odum et al (1988).



(a)

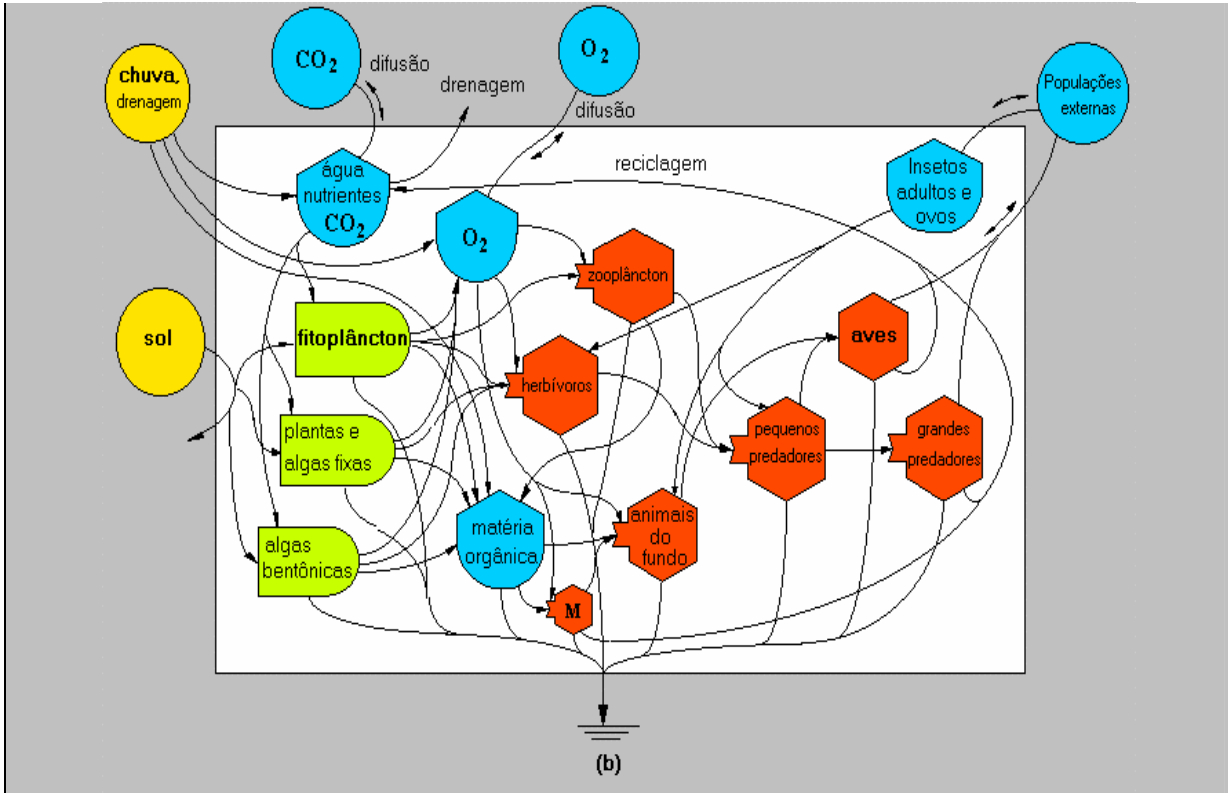


FIGURA 2.13: (a) Exemplo de componentes de uma lagoa de água doce e (b) diagrama do ecossistema de uma lagoa, mostrando o armazenamento e o fluxo de energia.

Fonte: Adaptado de Odum et al (1988).

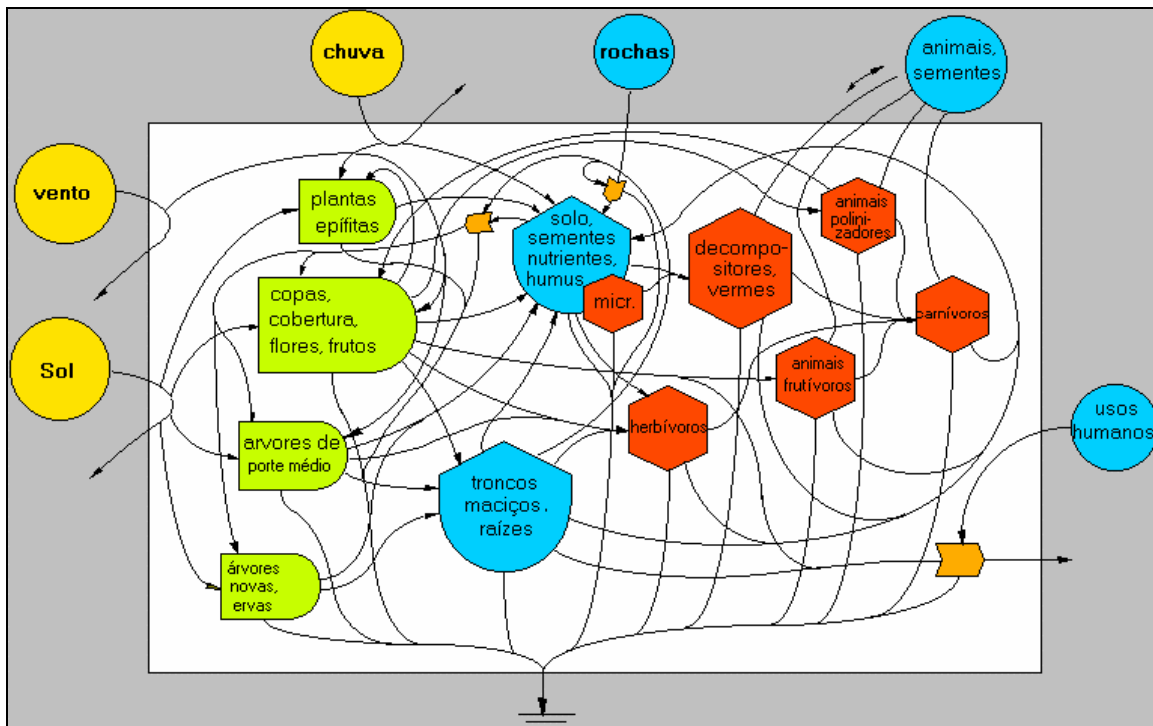


FIGURA 2.14: Ecossistema da selva tropical pluvial.

Fonte: Adaptado de Odum et al (1988).

Como se pode observar nas Figuras 2.10 a 2.14, existem muitas diferenças entre os ecossistemas, tanto na sua forma, como nas interações entre seus componentes. Quanto mais detalhado for sua estrutura mais complexa fica sua análise. Exemplificando estas diferenças Odum (1988) mostra de forma esquemática uma comparação entre um ecossistema aquático e um ecossistema terrestre, esta comparação pode ser vista na Figura 2.15. Nesta figura observa-se que as unidades necessárias para o funcionamento destes ecossistemas são: a entrada de energia solar (e outras formas); a água; os nutrientes (compostos abióticos básicos – orgânicos e inorgânicos) em solos, os sedimentos; e os organismos autotróficos e heterotróficos que compreendem as redes alimentares bióticas. De certa forma os dois ecossistemas funcionam de maneira semelhantes, mas as espécies são, em grande parte, diferentes. Além disso, as plantas verdes (e fitoplâncton) são pequenas (frequentemente microscópicas) em sistemas de águas profundas, e grandes em ecossistemas terrestres e em alguns ecossistemas de águas rasas (isto pode ser visto também nas Figura 2.13 e 2.14).

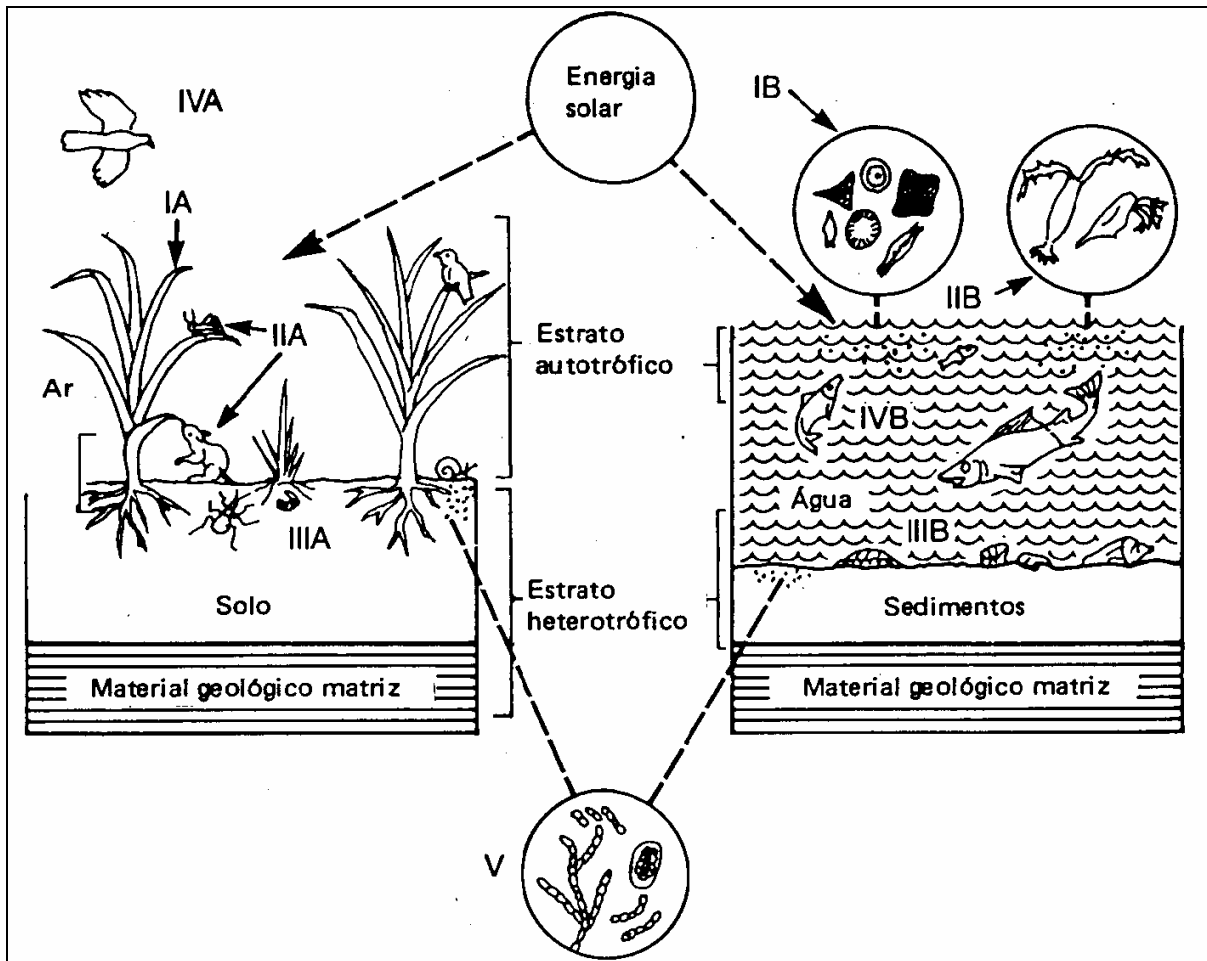


FIGURA 2.15: Comparação entre um ecossistema terrestre e um ecossistema aquático. I. Autótrofos: (A) vegetais herbáceos e gramíneas, (B) fitoplâncton. II. Herbívoros: (A) insetos e mamíferos no campo, (B) zooplâncton na coluna d'água. III. Detritívoros: (A) invertebrados do solo na terra, (B) invertebrados do fundo na água. IV. Carnívoros: (A) aves e outros na terra, (B) peixes na água. V. Sapróvoros: bactérias e fungos da decomposição.

Fonte: Odum (1988)

2.1.2.7.1. Fluxo de energia nos ecossistemas

Todos os organismos requerem energia para se manterem vivos, para crescerem, para se reproduzirem e, no caso de muitas espécies, para se movimentarem. Como visto anteriormente, os produtores usam a energia luminosa para sintetizar moléculas orgânicas ricas em energia química a partir das quais produzem energia biológica (ATP). Os consumidores usam a energia química que está acumulada nas substâncias orgânicas que

utilizam na alimentação. Daí resulta um fluxo de energia que, partindo do Sol, atinge todos os níveis tróficos dos ecossistemas.

O fluxo de energia através do ecossistema opera de acordo com a primeira lei da termodinâmica, ou seja, a energia não pode ser criada e nem destruída, mas somente transformada (Golley, 1960). A transformação da energia solar para energia química pelos vegetais, por exemplo, segue a equação 2.1.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Energia solar} \\ \text{assimilada pela} \\ \text{planta} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Energia química de crescimento} \\ \text{da planta (incluindo sementes,} \\ \text{exudações, etc.)} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Energia} \\ \text{calorífica de} \\ \text{respiração} \end{array} \right\} \quad (2.1)$$

A Figura 2.16, para exemplificar, mostra os resultados clássicos obtidos por Golley (1960) para a utilização da energia solar pela vegetação perene de grama em campos em Michigan (EUA).

A transferência de energia de um nível trófico para outro nunca é 100% eficiente, conforme preconiza a segunda lei da termodinâmica. O fluxo de energia através dos diferentes níveis tróficos de um ecossistema pode ser exemplificado na Tabela 2.1 e na Figura 2.17.

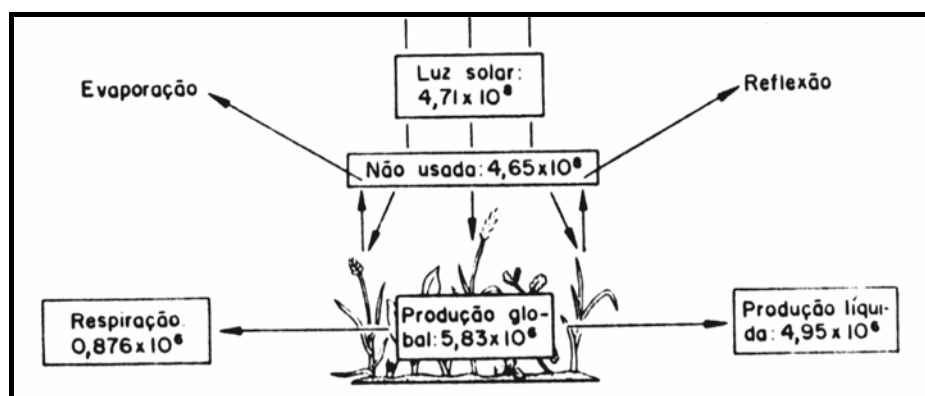


FIGURA 2.16: Caminho da energia solar incidente sobre a vegetação de grama perene de uma comunidade de campos em Michigan (EUA). Todas as medidas estão em $\text{cal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$.

Fonte: Golley (1960)

TABELA 2.1: Fluxo de energia em $\text{cal.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ na comunidade terrestre.

Nível Trófico	Fluxo - radiação solar incidente, produção fotossintética total (P)	Respiração (R)	Relação R/P	Eficiência da relação entre níveis tróficos adjacentes
Luz solar	$47,1 \times 10^8$			
Vegetação	$58,3 \times 10^6$	$8,76 \times 10^6$	0,150	0,012
Herbívoro	250×10^3	170×10^3	0,680	0,004
Carnívoro	5824	5434	0,933	0,023

Fonte: Golley (1960).

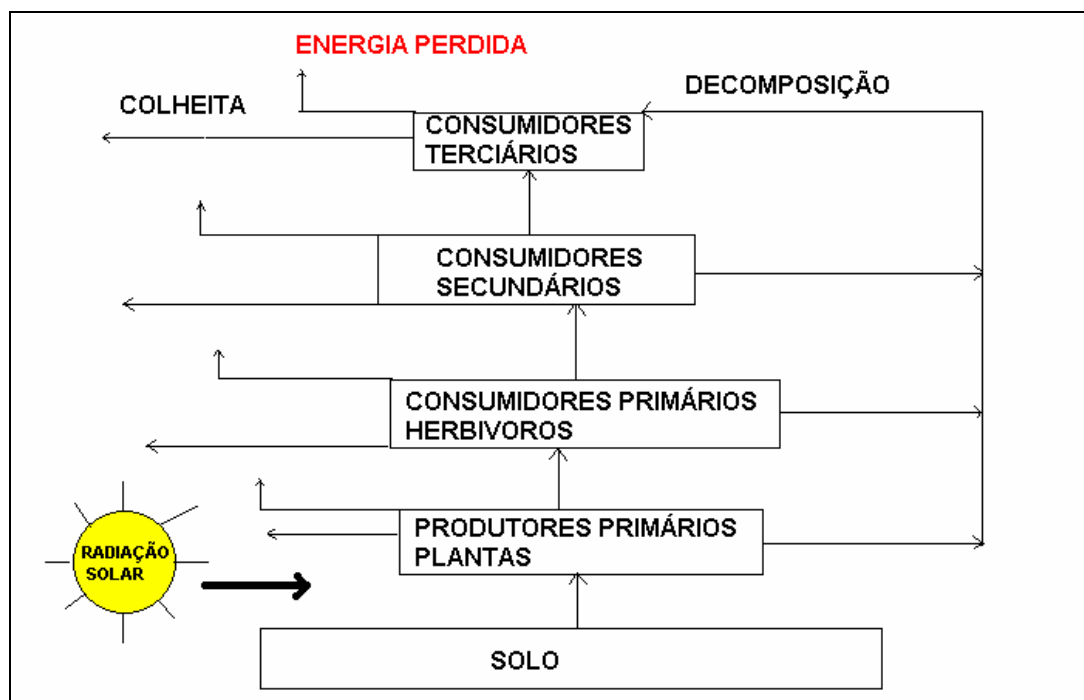


FIGURA 2.17: Esquema do fluxo de energia através de vários níveis tróficos de um ecossistema.

Fonte: Adaptado de Stoddart (1980)

Uma série de estudos no campo dos fluxos energéticos vem sendo desenvolvidos, como visto anteriormente (item 2.1.2.5). Phillipson (1969) apresenta alguns destes estudos, sendo estes ainda utilizados como exemplos em trabalhos atuais. A Figura 2.18 mostra um

diagrama construído por Teal em 1957, para analisar a funcionalidade do fluxo de energia em um ecossistema natural. Odum em 1957, desenvolveu o estudo de uma estrutura trófica e produtividade para um ecossistema semelhante (Odum, 1985). O estudo de Odum está representado na Figura 2.19.

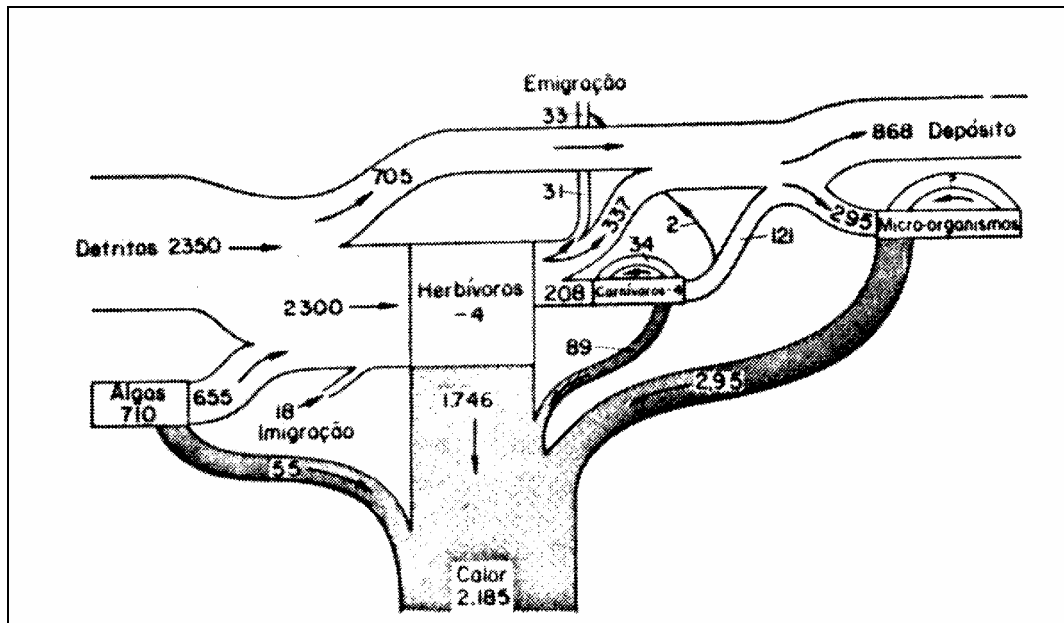


FIGURA 2.18: Diagrama do fluxo de energia em Root Spring (Concord/Massachusetts).

Dados em kcal.m⁻².ano⁻¹.

Fonte: Teal (1957) *apud* Phillipson (1969).

A Figura 2.20 mostra dois modelos de fluxo de energia compostos, semelhantes aos apresentados na Figura 2.15 (terrestre e aquático). No ecossistema marinho, é claro que o primeiro tipo é mais importante no fluxo de energia, enquanto que no ecossistema da floresta o segundo tipo, cadeia alimentar de detritos, é mais importante. Este modelo desenvolvido por Odum, indica que as duas cadeias alimentares não estão isoladas uma da outra (Odum, 1992).

Um dos estudos mais importantes (e mais citados) em ecologia refere-se ao modelo trófico-dinâmico de Cedar Bog Lake (Minnesota/EUA), publicado pela primeira vez por Lindeman em 1942. Trata-se de uma representação de uma comunidade por meio do fluxo de energia que ocorre entre os diferentes compartimentos desta comunidade (Figura 2.21).

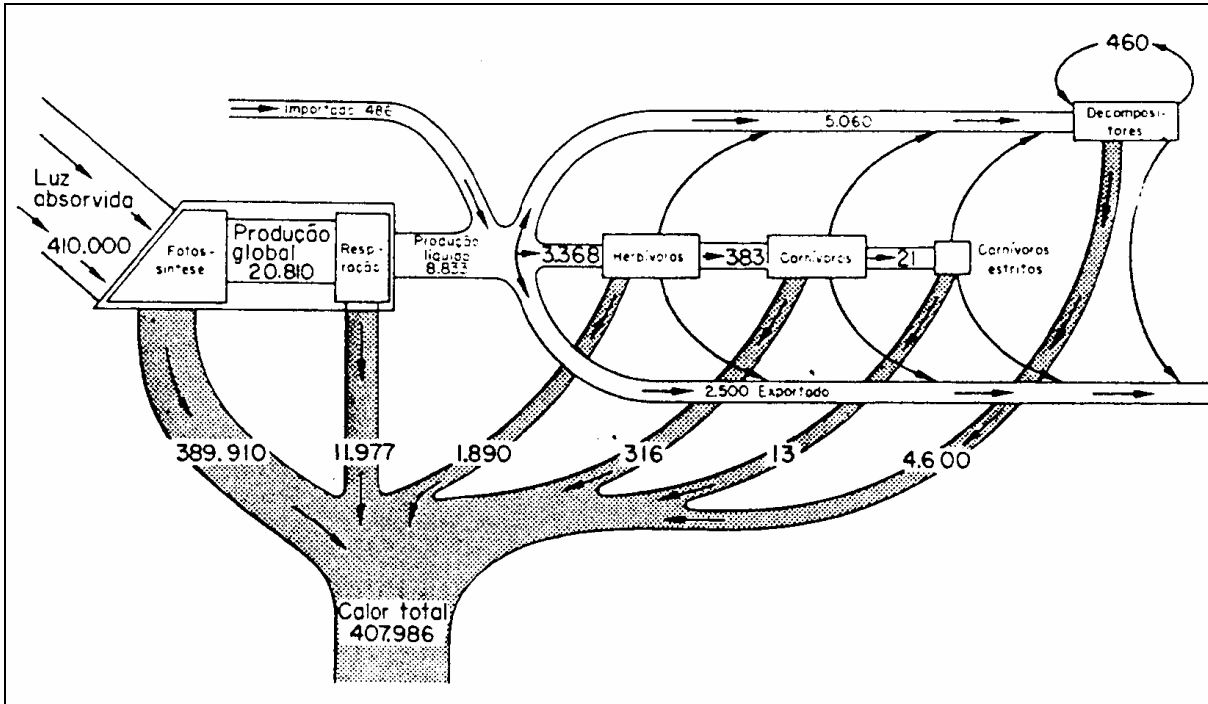


FIGURA 2.19: Diagrama do fluxo de energia para Silver Springs (Flórida). Os dados estão expressos em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$.

Fonte: Odum (1957) *apud* Phillipson (1969).

A maioria das redes tróficas já foram estudadas e também são conhecidas a maioria das associações e relações de mutualismo entre produtores e consumidores, e entre diferentes níveis de consumidores (Lewin, 1987). Porém ao contrário do que se pensa, na natureza nem tudo é “comer e ser comido”. A competição e a depredação têm sua importância, porém a sobrevivência depende frequentemente da cooperação (Odum, 1992).

Segundo Odum (1992), a variação das cadeias tróficas através da longitude ainda não é totalmente clara. Briand e Cohen (1987), examinando 113 cadeias tróficas relatadas na literatura, deduziram que a longitude era independente da produção primária, porém que as comunidades tridimensionais como um bosque ou uma coluna d’água do mar teria cadeias mais “largas” que as comunidades bidimensionais ou “delgadas”, como as pradarias ou zonas da costa marítima.

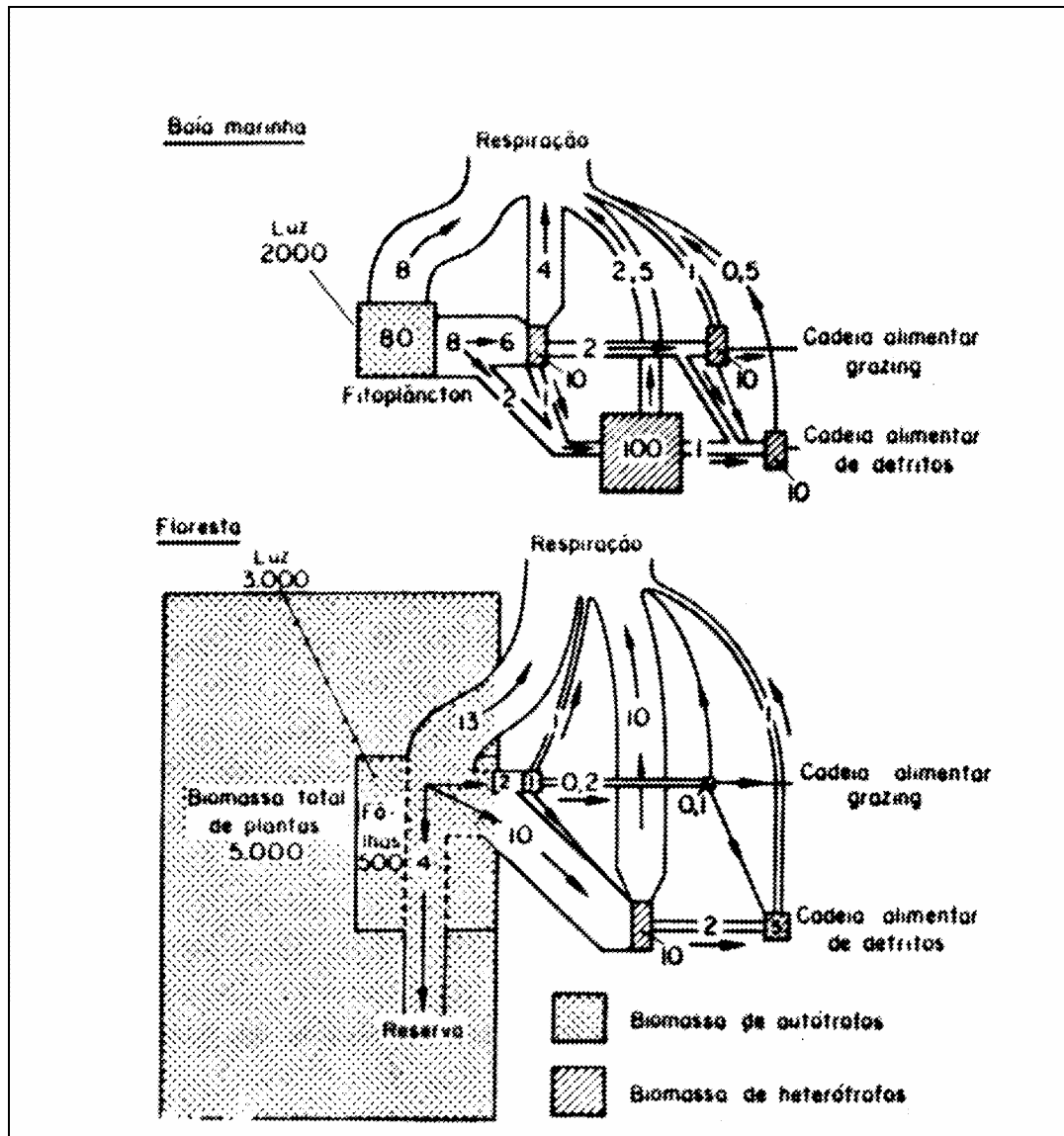


FIGURA 2.20: Modelos de fluxo de energia para dois tipos opostos de ecossistemas. Dados em kcal.m⁻².ano⁻¹.

Fonte: Odum (1962) adaptado por Phillipson (1969).

2.1.2.7.2. Ciclos geoquímicos

O segundo processo funcional básico de um ecossistema é o ciclo químico (geoquímicos) ou ciclo dos nutrientes. Os ecólogos, segundo Odum (1992), denominam ciclos biogeoquímicos como as vias mais ou menos circulares dos elementos químicos que passam alternativamente a formar parte dos organismos e do meio ambiente. Ao contrário do fluxo de

energia, os nutrientes podem ser reaproveitados e acumulados no ecossistema, como mostrado na Figura 2.22.

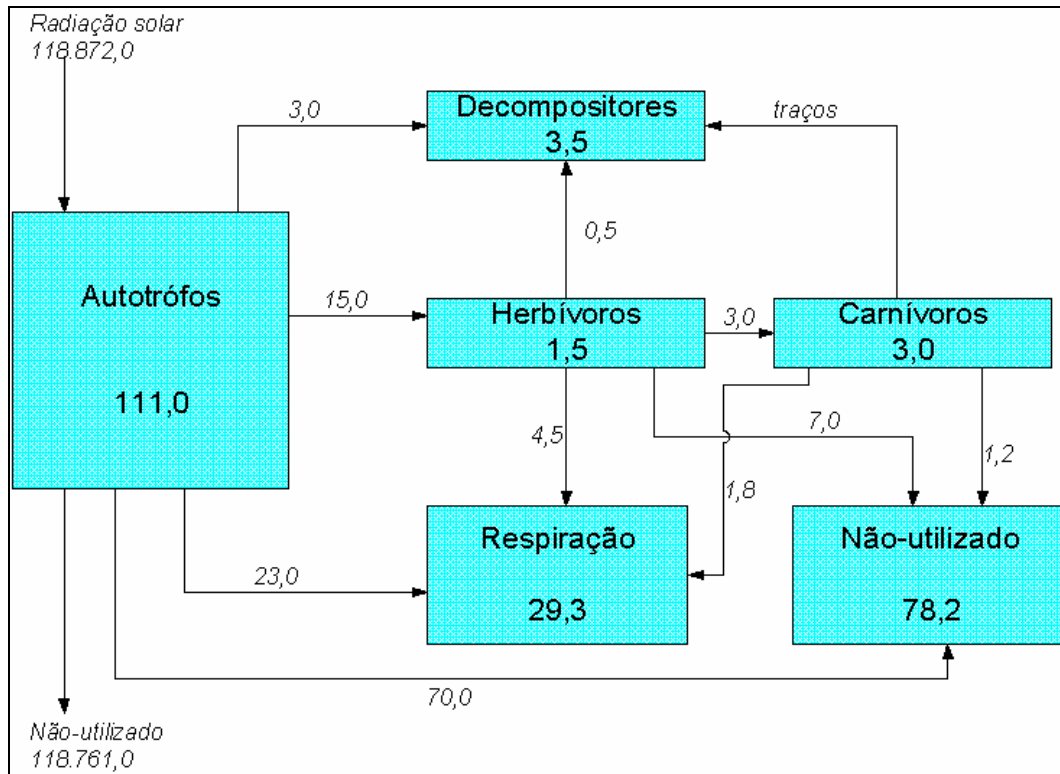


FIGURA 2.21: Fluxo de energia no lago Cedar Bog (fluxo em kcal.m⁻².ano⁻¹ e armazenamento em kcal.m⁻²).

Fonte: Adaptado de Kormondy (1996)

O ciclo de nutrientes é necessário porque, ao contrário da energia solar, os nutrientes obtidos do solo são produtos escassos que existem em quantidades fixas, sendo chamados de recursos finitos. Os nutrientes são escassos porque a biosfera abrange apenas cerca de 2 a 3 metros superficiais do solo. Dois ciclos de nutrientes (carbono e nitrogênio) são de particular importância, porque estão associados aos elementos necessários em grandes quantidades. A Figura 2.22 mostra de forma esquemática estes dois fluxos.

Um exemplo clássico de fluxo material, é o fluxo de carbono em um ecossistema aquático. A Figura 2.23, mostra este fluxo segundo estudo feito por Steinberg e Melzer (1982) e representado de forma esquemática por Schäfer (1984).

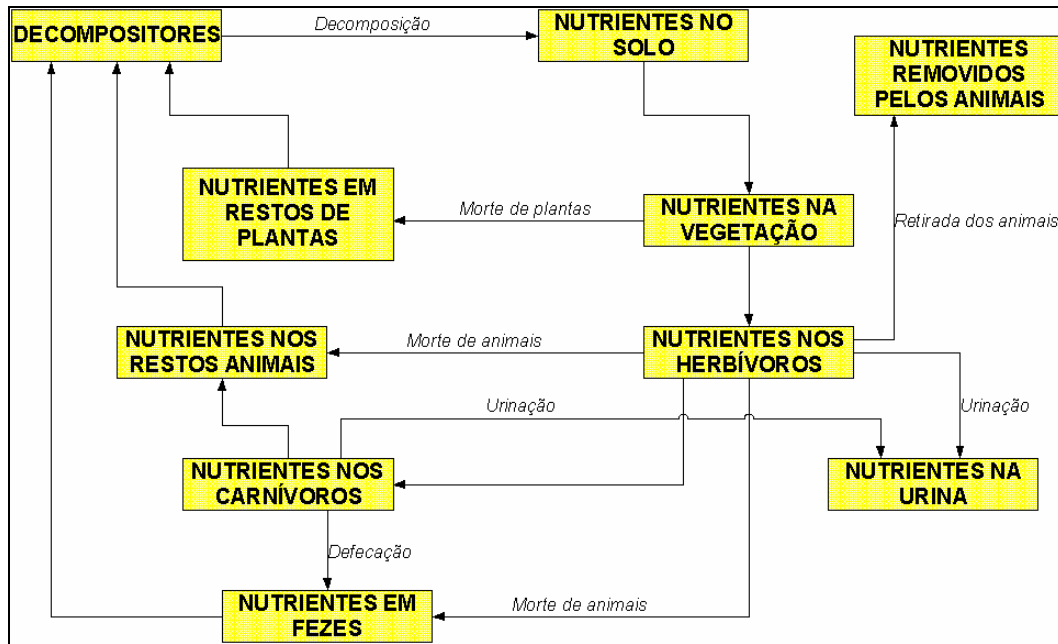


FIGURA 2.22: Esquema geral do ciclo de nutrientes em um ecossistema de pastagens.

Fonte: Pieper (1977) *apud* Nascimento Jr. (1997a)

2.2.1.8. Teoria de sistemas

Um sistema é um conjunto estruturado de componentes que interagem de modo regular entre si e com o meio ambiente (Perin Filho, 1995), ou seja é uma organização que funciona de um modo particular. As funções de um ecossistema, como visto anteriormente, incluem transformação, circulação, e acumulação; sendo que todas estas funções interagem através de fluxos de energia ou matéria por meio dos organismos e das atividades destes. Segundo Odum (1988) um ecossistema conceitualmente completo inclui ambientes de entrada e de saída junto com o sistema delimitado (Figura 2.24).

Um ecossistema funcional normalmente necessita de uma entrada para manter os processos vitais e, na maioria dos casos, um meio de exportar energia e os materiais já processados (Odum, 1988). Ao contrário da Figura 2.8, que enfatiza as funções internas, o modelo apresentado na Figura 2.24 enfoca o ambiente externo, o qual deve ser considerado como uma integral do conceito de ecossistema (Patten, 1978b).

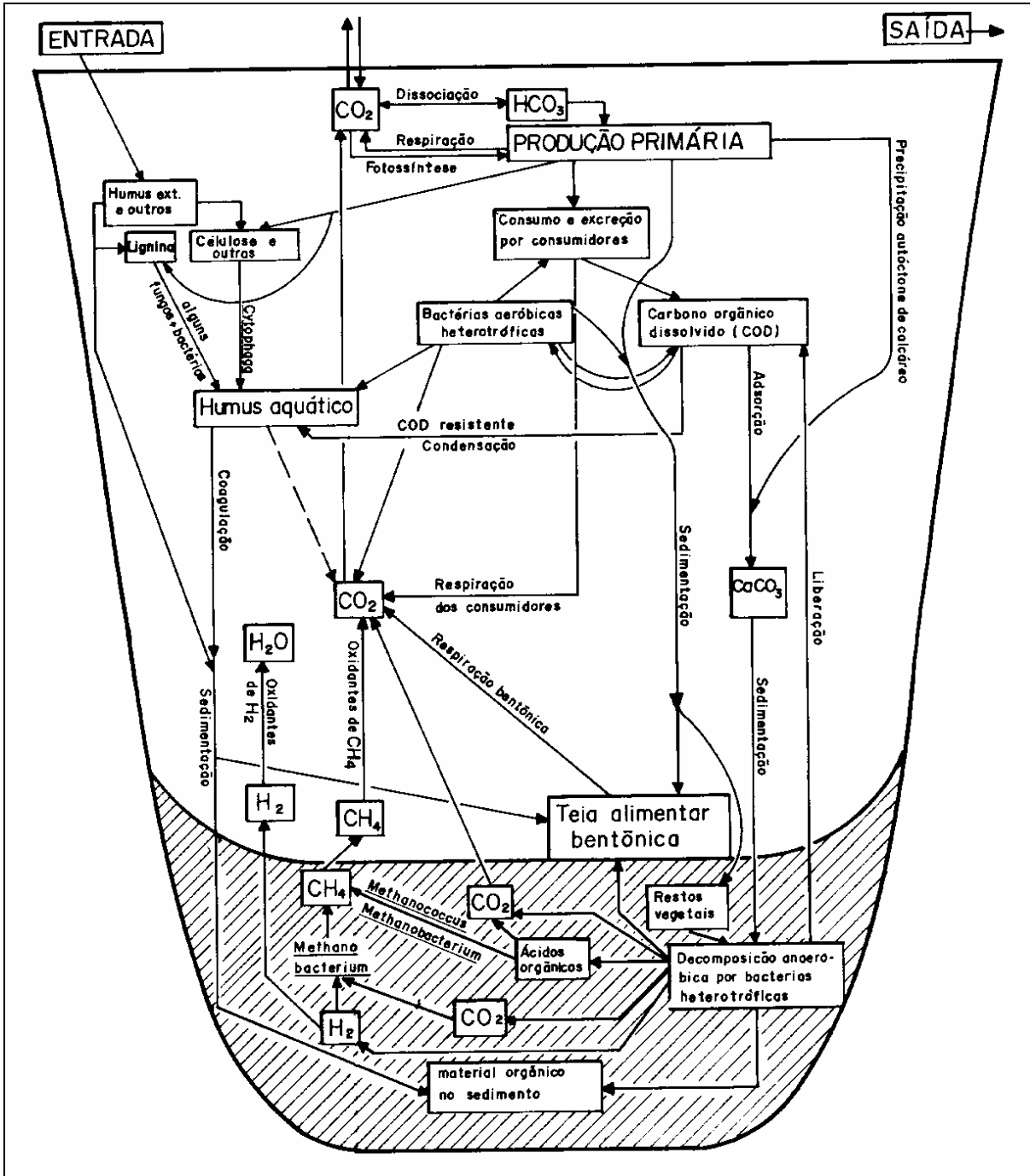


FIGURA 2.23: Ciclo do carbono em ecossistema aquático.

Fonte: Schäfer (1984)

Conforme relatado por Odum (1988) e Margalef (1995), a aplicação dos procedimentos de análise de sistemas na ecologia é conhecida como *ecologia de sistemas*. Como estudo sistematizado do holismo, a ecologia de sistema está se convertendo em uma ciência principal por seus próprios méritos, pois através dela pode-se dispor de novos

instrumentos formais, muito poderosos em termos de teoria matemática, cibernética, processamento eletrônico de dados etc., e acima de tudo conta com a simplificação formal de ecossistemas complexos proporcionando maiores esperanças na solução dos problemas ambientais.

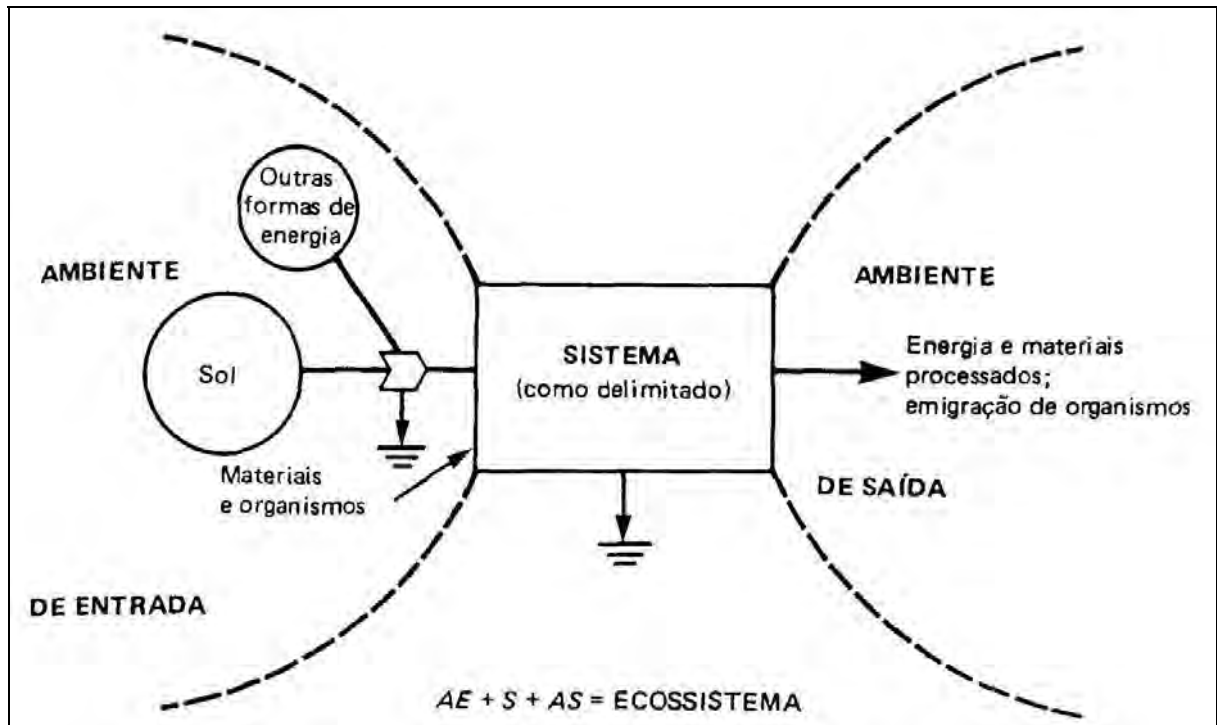


FIGURA 2.24: Modelo de ecossistema enfocando o ambiente externo.

Fonte: Odum (1988)

O conceito da organização hierárquica pode ser visto na Figura 2.25 sob a forma de “caixas negras”, conceito este proposto por Odum conforme salientado por Van Dyne (1966). Segundo Odum (1988) no estudo dos sistemas, a *compreensão* é concebida como sendo a capacidade de perceber como um componente do sistema organiza-se a partir dos elementos mais simples. O grau de subdivisão hierárquica empregado no desenvolvimento de um modelo matemático particular depende do objetivo para o qual foi desenvolvido o modelo mais do que da capacidade de reconhecer subdivisões naturais do sistema.

Observando-se as inter-relações de entrada e saída para cada caixa, na Figura 2.25, pode-se prever o seu comportamento sem conhecer de que forma seus componentes mais simples atuam.

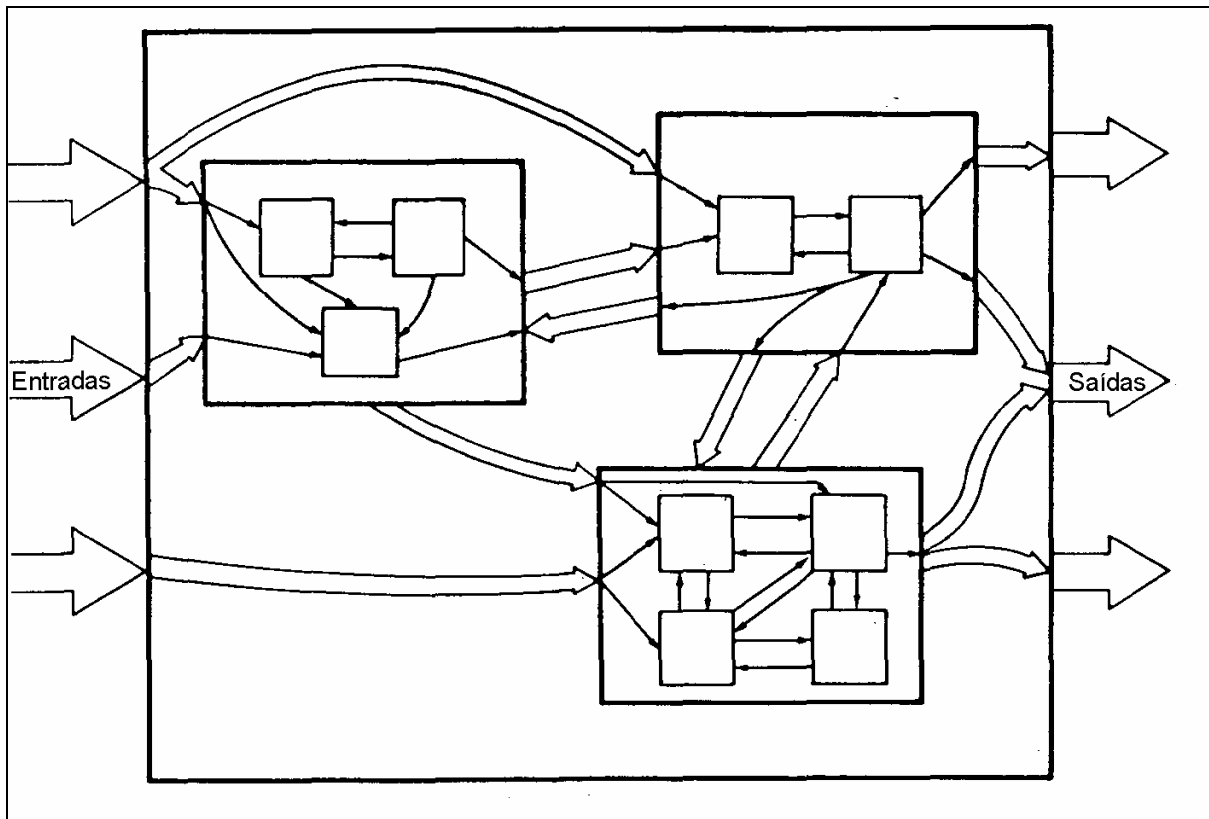


FIGURA 2.25: Representação das “caixas negras” propostas por Odum, mostrando três níveis de organização.

Fonte: Odum (1988)

Ecologia de sistemas de certo modo se aproxima da ecologia de comunidades. Ambos os termos, sistema e ecologia, implicam em um ponto de vista holístico. Da mesma maneira que ecologia e ecossistemas são considerados por alguns pesquisadores, ecologia de sistemas não pode ser considerada como mais um ramo independente de estudo, mas um ponto de vista, um modo de olhar as coisas e explica-las, uma concentração de conceitos pertinentes, fatos, e dados de vários níveis (Lebrun, 1964).

A aplicação de técnicas matemáticas para estudar ecossistemas é uma parte importante da ecologia de sistemas, porém está longe de ser tudo. Ecologia de sistemas pode ser definida amplamente como o estudo do desenvolvimento, dinâmica, e rompimento de ecossistemas. Como visto no início deste capítulo, segundo Van Dyne (1966) a ecologia de sistemas tem duas fases principais: uma fase teórica e analítica e uma fase experimental.

Um dos problemas principais em ecologia de sistemas é analisar e entender as interações. Eventos na natureza estão raramente em equilíbrio e dificilmente são causados por um único fator. Estes eventos, devido a fatores múltiplos, são integrados pelos organismos ou pelo ecossistema produzindo os efeitos observados (Hasler, 1964).

2.2. Teoria econômica de insumo-produto

2.2.1. Antecedentes

Houve vários esforços na história da economia para descrever as interações entre vários setores em uma economia. A interdependência entre diversos setores de uma economia tem constituído uma das preocupações mais antigas e permanentes dos economistas. As primeiras formulações teóricas do equilíbrio geral foram anteriores ao desenvolvimento da análise do equilíbrio parcial (Fontenele e Silva, 1980).

Já em meados do século XVIII (1758), surge o clássico estudo de Quesnay^{2,6}, intitulado *Tableau Économique*, no qual de forma incipiente propõe uma análise da interdependência entre alguns setores da economia francesa (Quesnay, 1978). Nesta tabela ele procura mostrar como a renda é gerada e circula entre diversos setores, ou melhor, classes (Montoro Filho, 1994). A tabela econômica de Quesnay tem sido um assunto de curiosidade para economistas contemporâneos como o primeiro modelo formal de equilíbrio geral e base para análise de bem estar. Esta interpretação, segundo Vaggi (1985), tem sido problemática, pois se apresenta na forma de um quebra-cabeça expresso sobre uma tabela de informações em zig-zag, muitas vezes ofuscando a admiração a respeito da conceitual elegância. Construções modernas da tabela, como sistema linear (Phillips, 1955 e Maitel, 1972), foram elaboradas para realizar-se assim uma análise menos embaraçosa.

^{2,6} François Quesnay (1694-1774), economista francês, principal fundador da escola fisiocrática. Nasceu próximo a Paris, tornando-se doutor em medicina e em 1744 assume o cargo de médico do rei da França (Luis XV). Intensamente interessado em economia, Quesnay introduziu o que ele considerava “lei natural” da economia em sua Tabela Econômica. Sua teoria baseava-se em que o comércio e a indústria eram essencialmente não produtivos e somente a agricultura poderia aumentar a riqueza (Corazza, 1986).

Um século depois da tabela proposta por Quesnay, a análise do equilíbrio geral seria objeto de formulação mais elaborada através de Walras^{2.7} na sua obra *Eléments d'Économie Politique Pure*. O modelo de Walras é composto por um conjunto de equações, descrevendo a geração da renda e o dispêndio dos consumidores; o custo de produção em cada setor; a oferta e a demanda totais de bens e de fatores de produção (Fontenele e Silva, 1980). Embora difícil de testar empiricamente, o modelo de equilíbrio geral demonstrou ser uma ferramenta analítica efetiva em economia teórica.

A primeira aplicação empírica da teoria do equilíbrio geral apareceria somente meio século depois da teoria de Walras, em 1941 com o trabalho *The Structure of American Economy, 1919-1929* de Leontief^{2.8}. Este, tem origem em um estudo de caso proposto pelo próprio Leontief em 1936 (Leontief, 1936), com o objetivo de analisar a economia norte-americana. Para ele “(...) as teorias e decisões ganham em perspicácia e segurança na medida em que mais se originam do conhecimento empiricamente gerado” (Leontief, 1993).

Segundo Fontenele e Silva (1980), Leontief se propunha em seu trabalho estabelecer um elo de ligação com o mundo dos economistas teóricos, fundamentado em hipóteses emanadas dos princípios da escassez e da racionalidade humana, com base nas quais se interpretava uma realidade ideal através do método dedutivo por um lado, e por outro o mundo dos economistas práticos, preocupados em compilar informações estatísticas sobre a produção, o consumo, os preços, o emprego e outros indicadores que pudessem ser de utilidade na tomada de decisões em relação a medidas de política econômica.

^{2.7} Léon Walras (1834-1910), teve seu trabalho monstruosamente negligenciado em todos os lugares, sendo desprezado seus esforços para conseguir que o livro fosse noticiado na época de seu lançamento. Walras foi o primeiro a escrever um modelo multi-equacional de equilíbrio geral em todos os mercados, indo muito além de empregar um modo matemático de exposição. Isto foi o suficiente para assustar a maioria dos leitores contemporâneos. Após sua morte, Walras tornou-se o economista mais lido após Marx, principalmente após a tradução de sua obra para o inglês em 1954 (Queen's University at Kingston, 2000).

^{2.8} Prêmio Nobel de Economia em 1973 pelo desenvolvimento do método de insumo-produto e sua aplicação em importantes problemas econômicos.

Neste contexto, a análise de insumo-produto surge como um esforço de submeter à prova empírica a teoria do equilíbrio geral. Esta teoria derivou do fato de que cada produto pode ser igualmente interpretado como insumo, na medida em que seja aproveitado por outro sistema, ou seja, todas as vendas são igualmente compras. Em outras palavras todas as saídas são a um determinado tempo também entradas. Por intermédio desse raciocínio, pode-se imaginar grandes e variadas somas de saídas e de entradas dos setores da economia (matriz de insumo-produto), fornecendo um perfil materialmente consistente e empiricamente instrumentalizável desta economia (Langoni, 1987 e Leontief, 1983).

Com base nas informações da matriz de insumo-produto da estrutura produtiva da economia norte-americana, originalmente esquematizada para o ano de 1947, Leontief (1966) elaborou um planejamento com objetivo de crescimento industrial a partir do suposto crescimento na indústria automobilística, avaliando completamente os reflexos sobre outros setores ligados àquela indústria. Em termos de previsão, a matriz fornece as quantidades de capital e de mão-de-obra empregados que seriam adicionadas a cada indústria, bem como as necessidades em termos de manutenção de estoques de matérias-primas, para atender ao incremento na produção dos setores em questão e daqueles outros vinculados ao processo produtivo de automóveis.

A matriz de insumo-produto, como visto, tem como objetivo proporcionar uma análise acerca das relações intersetoriais na produção. Conforme Paulani e Braga (2000), esta matriz é de extrema utilidade para definição de políticas setoriais e para as atividades de planejamento de modo geral, porém é bastante complexa no que tange à sua elaboração. Por isso, o sistema de contas nacionais, por sua maior agilidade e facilidade de apuração estatística, acabou por ter a primazia enquanto sistema de mensuração do comportamento do sistema econômico (Edey e Peacock, 1967; Motta e Young, 1991 e Iudícibus e Marion, 2000).

Contudo, a despeito dessas dificuldades, Paulani e Braga (2000) salientam que desde meados da década de 30, quando surgiu a idéia pelas mãos de Leontief, até o presente momento, muito foi feito e muitos recursos foram aplicados em vários países do mundo visando elaborar e aprimorar as matrizes de insumo-produto. Nos anos 60, a matriz de insumo-produto era utilizada por mais de 40 países e teve um grande impulso por conta das necessidades advindas das economias centralmente planejadas do leste europeu (Cunha, 1992). O Brasil também possui substantiva experiência na elaboração desse tipo de matriz,

particularmente no que tange à matriz de relações interindustriais, esforço esse desenvolvido por institutos oficiais de pesquisa como IPEA, IBGE e órgãos ligados a alguns governos estaduais (Montoya e Picerno, 1998; Contri, 1997; Araújo e Souza, 1998; IBGE, 1997; Santiago e Filgueiras, 1995; Motta e Young, 1991 e Souza et al, 1997).

2.2.2. Modelo estático básico de insumo-produto

A teoria de insumo-produto^{2.9} mostra a maneira pela qual uma economia nacional pode ser descrita como sistema distinto e, ao mesmo tempo, com subsetores mutuamente interdependentes, tendo-se atenção para o planejamento como aplicação de análise sistemática voltada para a solução de problemas práticos específicos (Leontief, 1983).

Embora de inspiração quesnayasiana^{2.10}, Leontief inicia o seu trabalho, *The Structure of American Economy, 1919-1929* dizendo que “(...) o estudo estatístico apresentado nas páginas seguintes pode ser melhor definido como uma tentativa de construir, com base no material estatístico disponível, um *Tableau Économique* dos Estados Unidos para 1919 e 1929” (Fontenele e Silva, 1980).

A análise metodológica de insumo-produto, descrevendo o fluxo de bens e serviços entre setores individuais de uma economia nacional, em certo período de tempo, é feita através de sistemas de equações lineares. Sua formulação (matriz de insumo-produto), prove de uma adaptação, como salientado anteriormente, da teoria neoclássica de equilíbrio geral, tendo por objetivo avaliar empiricamente o nível de interdependência das atividades econômicas ou de setores individuais. Suas características estruturais são representadas por equações, estas diferenciadas pela presença de coeficientes nela inseridos e determinadas para uma economia global, quer sob modelo empírico, quer através da solução estatística da própria matriz de insumo-produto (Araújo e Souza, 1998). Paulani e Braga (2000) evidenciam que o uso do método insumo-produto em pesquisas empíricas depende fundamentalmente das metodologias estatísticas disponíveis.

^{2.9} Segundo Fontenele e Silva (1980) a expressão “insumo-produto” é uma tradução imprópria da expressão “input-output”. Dado que a análise leva em consideração não apenas bens finais mas, também, bens intermediários, a tradução correta da expressão inglesa seria “insumo-produção”. Entretanto, embora incorreta, a expressão foi consagrada pelo seu uso.

^{2.10} O modelo de Leontief é melhor caracterizado como sendo um sistema walrasiano simplificado (Souza e Feldens, 1996).

Essa matriz foi inicialmente desenvolvida visando avaliar conexões existentes entre os setores de produção e de consumo de uma economia nacional, entretanto a matriz estendeu a sua aplicação para grandes empresas individuais e de ações integradas para economias urbanas e para seções da economia internacional (Filellini, 1989).

A prática já demonstrou que uma tabela de insumo-produto pode ser compreendida e interpretada facilmente, apesar da sua elaboração complexa, como citado anteriormente. Segundo Leontief (1977), não existe dificuldade na compreensão de uma tabela que mostre em que quantidade as mercadorias ou serviços são absorvidos por todos os outros setores da economia de um país; e (olhando a tabela por outro prisma) que tipos de bens e serviços, e que quantidades, sua própria indústria recebeu de cada um desses outros setores. Conforme Benakouche e Cruz (1994), pode-se, ainda, através da matriz de insumo-produto, avaliar-se separadamente os efeitos das mudanças ocorridas em cada um desses setores, bem como na demanda final e sua respectiva repercussão sobre cada setor.

2.2.2.1. Elaboração da matriz insumo-produto

Para construir uma matriz de relações intersetoriais é necessário em primeiro lugar dividir a economia em setores produtivos (Montoro Filho, 1994). A partir desta divisão verifica-se o relacionamento entre eles, ou seja, quanto cada setor vendeu e/ou comprou dos outros setores e quanto de sua produção destinou-se para uso final. Em outras palavras, para cada setor da economia divide-se sua produção segundo o seu destino, seja para outros setores (uso intermediário), seja para demanda final. E reciprocamente está-se verificando quanto cada setor adquiriu dos demais.

A organização destas informações em forma matricial pode ser feita em etapas sucessivas. Na primeira, colocam-se os setores em que a economia foi dividida, nas linhas e colunas da matriz. As linhas representarão o valor das vendas efetuadas pelo setor aos outros setores (insumos ou receitas) e as colunas a suas compras (produtos ou custos). Teremos assim uma matriz que indica as relações intersetoriais (Tabela 2.2).

Os elementos x_{ij} , da Tabela 2.2, são os coeficientes de insumo que representam as necessidades do produto do setor “i” por unidade de produto de um outro setor “j”. Assim, o somatório das colunas dessa matriz representa o total dos insumos na produção de uma unidade do produto “i”, enquanto que o somatório das linhas representa o produto bruto desses insumos.

TABELA 2.2: Matriz insumo-produto

		PRODUTOS				Demanda final	Produção bruta
		1	2	3	.....	
I N S U M O S	1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	.....	y_1	x_1
	2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	.....	y_2	x_2
	3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	.....	y_3	x_3

Valor associado		v_1	v_2	v_3	.....	
Despesa bruta		z_1	z_2	z_3	.....	

A tabela de insumo-produto, como pode-se observar, descreve um quadro das atividades de troca que acontecem em uma economia particular durante um determinado período de tempo. De certo modo, é um instantâneo da economia em um determinado momento. Assim, esta tabela é um instrumento descritivo, e destituído por si só de capacidades analíticas. Entretanto, com a aplicação de manipulações matemáticas, isto se torna uma ferramenta poderosa para análise econômica. Sinteticamente, um valor monetário estimado na tabela pode ser operado para criar coeficientes técnicos. Estes coeficientes generalizam as relações entre os insumos e produtos que existem entre os setores industriais em estudo.

Pode-se, então, apresentar a matriz em linguagem matemática, na forma de equações lineares, sendo “n” o número de setores produtivos (expressão 2.2) e a_{ij} os coeficientes técnicos.

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + y_1 = x_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + y_2 = x_2 \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n + y_n = x_n \end{cases} \quad (2.2)$$

Um ponto importante na análise da matriz de insumo produto é quando trabalha-se com um modelo de fluxo circular. Neste caso, o valor de mercado da produção total em um determinado período deve ser igual aos pagamentos incorridos no mesmo período. Este raciocínio é análogo àquele aplicado, em muitos países, no cálculo do produto nacional bruto. Aplicando esta lógica à matriz de insumo-produto, o valor da produção bruta total de uma dada indústria deve igualar-se ao valor de seus gastos em um dado período de tempo. Retornado a Tabela 2.2 a produção bruta total da indústria 1 (x_1), representado na última coluna, é precisamente igual à despesa bruta total incorrida aquela produção (z_1). Em termos gerais: $x_i \equiv z_i$.

2.2.2.2. Análise e interpretação da matriz insumo-produto

Para poder se compreender melhor a interpretação, funcionamento e utilidade de uma matriz insumo-produto, utilizar-se-á um exemplo bastante simples, o de uma economia hipotética com apenas três setores (que estabelecem transações econômicas entre si).

Com base na Tabela 2.2, pode-se elaborar uma matriz semelhante para este exemplo (Tabela 2.3), onde os setores serão caracterizados apenas por 1, 2 e 3.

TABELA 2.3: Exemplo de matriz insumo-produto para três setores econômicos

Compras setoriais Vendas setoriais		Setores			Demanda final	Produção bruta
		1	2	3		
Setores	1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	y_1	x_1
	2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	y_2	x_2
	3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	y_3	x_3
Valor associado		v_1	v_2	v_3		
Despesa bruta		z_1	z_2	z_3		

Tomando-se como exemplo uma linha da matriz, notamos que a produção total de um setor que produz o bem “j”, denotado por x_j , deverá ser igual à produção dos outros setores mais a demanda y_j . Em outras palavras, pode-se considerar as vendas do setor “i” para o setor “j” como uma proporção constante da produção do setor “j” (Paulani e Braga, 2000). Esta relação pode ser demonstrada conforme a equação 2.3.

$$x_{ij} = a_{ij} \cdot x_j \quad (2.3)$$

O termo a_{ij} na equação 2.3 representa o coeficiente técnico que por sua vez arrola a relação entre x_{ij} e x_j . Em termos industriais os coeficientes diretos indicam o valor comum de insumo requerido de cada uma das indústrias abastecedoras que seriam exigidas para produzir o preço de uma unidade monetária de produto para uma determinada indústria.

Conhecendo-se estes coeficientes, é possível construir-se uma matriz de coeficientes técnicos diretos (Tabela 2.4), derivada da matriz hipotética de insumo-produto mostrada na Tabela 2.3. Os coeficientes diretos resultantes são assim parâmetros que descrevem a relação da produção entre prover e indústrias produtoras.

TABELA 2.4: Matriz de coeficientes técnicos

	1	2	3
1	a_{11}	a_{12}	a_{13}
2	a_{21}	a_{22}	a_{23}
3	a_{31}	a_{32}	a_{33}

Como visto no item 2.2.2, pode-se transcrever esta matriz na forma matemática através de um sistema de equações (expressão 2.4). Podendo-se, ainda, fazer as respectivas transposições como mostrado na expressão 2.5.

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + y_1 = x_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + y_2 = x_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + y_3 = x_3 \end{cases} \quad (2.4)$$

$$\begin{cases} (1 - a_{11})x_1 - a_{12}x_2 - a_{13}x_3 = y_1 \\ -a_{21}x_1 + (1 - a_{22})x_2 - a_{23}x_3 = y_2 \\ -a_{31}x_1 - a_{32}x_2 + (1 - a_{33})x_3 = y_3 \end{cases} \quad (2.5)$$

Escrevendo o sistema 2.5 na forma matricial obtêm-se a expressão 2.6, onde I é a matriz identidade; A é a matriz de coeficientes tecnológicos; Y é o vetor da demanda final; e ,

X é o vetor da produção total. Este último contém os níveis de produção necessários de cada setor para satisfazer a demanda esperada.

$$(I - A)X = Y \quad (2.6)$$

Assim, nessa equação matricial (2.6), basta isolar o vetor X para se conhecer seu valor, ou seja, obtêm-se a expressão 2.7, onde a matriz (I - A) é chamada de **matriz de Leontief** (Tabela 2.5).

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (2.7)$$

A equação 2.7 fornece os valores das produções brutas setoriais necessárias para atender a uma das configurações da demanda final (vetor Y). Uma vez que o inverso da matriz de Leontief (Tabela 2.5) é calculada, esta se transforma em um instrumento valioso para o planejamento do desenvolvimento econômico, sendo que c_{ij} representa o termo genérico do inverso da matriz de Leontief (também chamado de coeficiente direto-indireto). Referindo-se a equação 2.7, os níveis de demandas finais são estimados para os vários setores produtivos. Duas variáveis-chave afetam as demandas finais: população e crescimento da renda. Estes valores finais da demanda são postos como um vetor (Y) com uma coluna e “n” linhas, uma para cada indústria no setor produtivo. Este vetor é então multiplicado pela matriz de Leontief, isto rende os níveis das saídas brutas totais, que seriam necessárias para sustentar os níveis projetados da demanda final.

TABELA 2.5: Inverso da matriz de Leontief

	1	2	3
1	c_{11}	c_{12}	c_{13}
2	c_{21}	c_{22}	c_{23}
3	c_{31}	c_{32}	c_{33}

O inverso da Matriz de Leontief torna-se também muito útil para identificar “gargalos” na economia, que devem ser amenizados se os objetivos são as demandas finais a serem realizadas. Por exemplo, a matriz pode revelar que a capacidade produtiva existente de uma indústria é insuficiente para suportar os níveis projetados da demanda final. Isto indica

que ao se planejar o desenvolvimento deste setor, os objetivos finais devem ser modificados ou ainda que as políticas internas ou externas devem ser iniciadas para incentivar um nível mais elevado da capacidade produtiva nessa indústria.

Exemplificando através da primeira equação linear do sistema representado pela expressão 2.7, obter-se-ia a equação 2.8. Em termos gerais, c_{ij} indica o valor de compra do setor i para obter o preço de uma unidade monetária de produto do setor j considerando os efeitos diretos e indiretos.

$$x_1 = c_{11}y_1 + c_{12}y_2 + c_{13}y_3 \quad (2.8)$$

A equação 2.8 mostra, portanto, quanto será necessário produzir de x_1 para atender as demandas finais y_1 , y_2 e y_3 . Com relação à equação 2.7, Benakouche e Cruz (1994) mostram a relação entre a demanda e a produção necessária, evidenciando a relação entre os insumos, os produtos e os setores.

O modelo até aqui apresentado é chamado “sistema aberto” de Leontief, posto que o vetor de demanda final é determinado exogenamente^{2.11}. Anteriormente, Leontief, determinou o “sistema fechado” no qual o setor de consumo tem como insumos os diversos bens e serviços produzidos na economia; e, como produção, o trabalho. Apesar de aparentemente ser mais simples, o “sistema fechado” encerra uma série de dificuldades. Assim, dada à larga utilização da análise de insumo-produto para auxiliar a tomada de decisões relativas à política econômica, o modelo fechado foi dando lugar ao modelo aberto, que permite maior variedade de aplicações (Leontief, 1974).

Segundo Paulani e Braga (2000), percebe-se que a idéia de aplicação de matrizes de insumo-produto é bastante simples e extremamente útil. O maior problema parece estar na diferença de velocidade entre a capacidade técnica de se construir a matriz de coeficientes e, a própria evolução econômica e as alterações operadas pela evolução tecnológica, que se dá a um ritmo cada vez mais acelerado. Assim, na maioria das vezes, quando se consegue finalizar uma matriz, já não se tem mais certeza quanto à correção dos coeficientes ali registrados, dado que mudanças tecnológicas já podem tê-los alterado de forma significativa (Waquil, 1997). Apesar disso, dada a extrema utilidade de um instrumental como esse, continuam

sendo envidados esforços em vários países do mundo, e também no Brasil, para desenvolver as matrizes insumo-produto e para, na medida do possível, contornar os problemas envolvidos em sua elaboração (Santos, 1995).

2.2.3. Teoria dos sistemas de insumo-produto dinâmicos

Coube a Leontief a iniciativa pioneira nesse campo, teoria dos sistemas de insumo-produto dinâmicos, ao analisar as modificações das relações entre os diferentes setores da economia americana, tomando por referência os anos de 1919, 1929 e 1939 (Leontief, 1964).

A teoria dinâmica tem origem na teoria estática, através da consideração da dependência intersetorial que envolve hiatos ou taxas de mudança num período de tempo. As relações estruturais entre estoques e fluxos constituem a base teórica para a abordagem de insumo-produto à análise empírica do processo de acumulação e do plano de desenvolvimento (Fontanele e Silva, 1980). Em relação a isto, o esquema estático de insumo-produto descrito no item 2.2.2 explica a interdependência mútua de setores distintos da economia em termos de um dado grupo de coeficientes estruturais, a_{ij} . Estes coeficientes não refletem, entretanto, os requerimentos de estoque da economia; eles não podem explicar a magnitude destes fluxos de insumo que são retirados diretamente para satisfação do capital necessário de vários outros setores ou para se somar aos investimentos fixos na forma de melhorias permanentes, construção e tipos diferentes de equipamentos, ou ainda, como um aumento necessário de matéria-prima para processar mercadorias, etc. Em um sistema estático aberto, como visto anteriormente, estes insumos, em vez de serem direcionados para os setores onde atualmente são absorvidos, são simplesmente considerados para ser uma parte da demanda final.

O estoque de bens produzidos pelo setor “i”, que o setor “j” tem que reter por unidade de seu produto de plena capacidade é chamado de coeficiente de capital do produto “i” no setor “j”, e é geralmente designado por b_{ij} . Uma coluna de coeficientes de capital que descreve o “estoque” de construções e maquinarias, por exemplo, assim como os inventários de matérias-primas, peças de reposição e outros suprimentos utilizados por um determinado

^{2.11} Este modelo foi precedido pelo “sistema fechado”, apresentado na primeira edição de *The Structure of American Economy, 1919-1929*, no qual o setor de consumo é endógeno. O modelo fechado aproxima-se mais da concepção walrasiana do equilíbrio geral (Fontanele e Silva, 1980).

setor, descreve o que pode ser chamado de sua verdadeira estrutura de capital. Assim, a matriz indicada na expressão 2.9 descreve o capital de uma economia como um todo.

$$\begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{vmatrix} \quad (2.9)$$

Tanto os insumos correntes quanto os estoques de capital exigidos por unidade de uma determinada indústria poderiam ser utilizados no mesmo período de tempo em que o produto é produzido ou tornar-se acessíveis e ser utilizados por um, dois, ou mais períodos de tempo antes disso. Uma descrição geral analítica e ao mesmo tempo realista das relações dinâmicas de insumo-produto pode ser feita se variáveis isoladas forem utilizadas para designar os fluxos de insumos e produtos absorvidos ou produzidos pela mesma indústria em anos diferentes (Haddad, 1976). O equilíbrio entre o produto e a capacidade disponível de um setor típico, digamos, o setor i -ésimo, e sua utilização em um determinado ano “ t ”, podem, por exemplo, ser descritos pela equação diferencial linear 2.10 que envolve inter-relações estruturais entre insumos e produtos dos vários setores e suas taxas de mudança $x_1(t), x_2(t), \dots$:

$$x_1(t) - a_{i1}x_1(t) - a_{i2}x_2(t) - \dots - a_{in}x_n(t) - b_{i1}x_1(t) - b_{i2}x_2(t) - \dots - b_{in}x_n(t) = y_i(t) \quad (2.10)$$

Supondo-se que o período de tempo de todos os “ n ” componentes da demanda final $[y_i(t)]$, assim como o nível de todos os produtos num ponto inicial de tempo $[x_i(t)]$, são dados, um sistema de “ n ” equações diferenciais lineares como a expressão 2.10 (uma para cada setor) pode ser resolvida para todos os “ n ” produtos. Essa solução determinará o nível de cada produto $[x_i(t)]$, em qualquer período de tempo, isto é, para qualquer “ t ”.

Embora essa abordagem para o estudo das relações dinâmicas de insumo-produto ofereça certas vantagens teóricas, segundo Leontief (1993), muitos estudos empíricos nesse campo são conduzidos em termos da análise isolada do período, com base em sistemas de equações diferenciais do tipo mostrado pela equação 2.11.

$$x_1^t - a_{i1}x_1^t - \dots - a_{in}x_n^t - b_{i1}(x_1^{t+1} - x_1^t) - b_{i2}(x_2^{t+1} - x_2^t) - \dots - b_{in}(x_n^{t+1} - x_n^t) = y_i^t \quad (2.11)$$

Os primeiros termos dessa equação ($x_i^t - a_{i1}x_1^t - \dots - a_{in}x_n^t$) são idênticos ao lado esquerdo das equações correspondentes no sistema estático (equação 2.2). Os seguintes representam as entregas do setor “i” para si próprio e para todos os outros setores, em resposta as suas respectivas necessidades de capacidade produtivas adicionais que, por sua vez são medidas pela diferença entre nível de produto desse ano e do seguinte. Esses incrementos, multiplicados pelo coeficiente de capital apropriado que é a exigência de estoque produtivo por unidade de produto adicional, determinam a magnitude das entregas na conta de capital (Rossetti, 1992).

Enquanto na formulação estática o investimento em capacidade produtiva adicional é tratado como um componente de demanda final dada, na perspectiva de análise dinâmica, essas grandezas têm que ser explicadas, em vez de serem consideradas como pré-fixadas (Souza, 1997). Assim, a demanda final de um produto de indústria “i” no período “t”, representada por y_i^t , compreende à novas entregas para as famílias, o governo, etc., mas não compreende nenhuma adição ao estoque de capital produtivo.

A equação 2.11 representa um elemento básico de construção que pode ser utilizado para elaborar um sistema que descreva as relações intertemporais de insumo-produto entre diferentes setores de uma dada economia durante um intervalo de tempo contendo qualquer número de anos (Haddad, 1974 e Haddad, 1976).

2.2.3.1. Exemplo de utilização do modelo dinâmico

Um exemplo de utilização deste modelo pode ser visto em Leontief (1983), onde foram consideradas seis equações (expressão 2.12), abrangendo as relações intersetoriais dentro de uma economia com três setores, dos quais apenas dois são endógenos, durante um período de três anos.

Mesmo se as entregas finais dos dois bens em cada um dos três anos (todos os “y”) fossem tidas como dadas, as seis equações conteriam ainda oito incógnitas: nas duas últimas equações do sistema 2.12 (que descrevem o equilíbrio de insumo-produto das duas indústrias no terceiro ano), as quantidades empregadas no investimento mostram-se dependentes dos níveis de produto do ano seguinte, isto é, do quarto ano.

$$\begin{cases} (1 - a_{11} + b_{11}).x_1^1 - (a_{12} - b_{12}).x_2^1 - b_{11}.x_1^2 - b_{12}.x_2^2 = y_1^1 \\ (-a_{21} + b_{21}).x_1^1 + (1 - a_{22} + b_{22}).x_2^1 - b_{21}.x_1^2 - b_{22}.x_2^2 = y_2^1 \\ (1 - a_{11} + b_{11}).x_1^2 - (a_{12} - b_{12}).x_2^2 - b_{11}.x_1^3 - b_{12}.x_2^3 = y_1^2 \\ (-a_{21} + b_{21}).x_1^2 + (1 - a_{22} + b_{22}).x_2^2 - b_{21}.x_1^3 - b_{22}.x_2^3 = y_2^2 \\ (1 - a_{11} + b_{11}).x_1^3 - (a_{12} - b_{12}).x_2^3 - b_{11}.x_1^4 - b_{12}.x_2^4 = y_1^3 \\ (-a_{21} + b_{21}).x_1^3 + (1 - a_{22} + b_{22}).x_2^3 - b_{21}.x_1^4 - b_{22}.x_2^4 = y_2^3 \end{cases} \quad (2.12)$$

Portanto, dois dos “x” devem ser dados antes que se prossiga na solução do sistema de seis equações para seis incógnitas restantes. Assim, por exemplo, a solução geral do sistema mostraria o produto do segundo, do terceiro e do quarto anos como dependente dos seis “y”, isto é, das entregas anuais dos dois produtos durante o período dos três primeiros anos.

Em vez de ser fixado no primeiro ano e resolvido para os próximos três anos, o sistema pode ser utilizado ao contrario; depois de ter fixado o produto dos dois setores endógenos do último, isto é, do quarto ano, o sistema pode ser resolvido de maneira a demonstrar a dependência da produção, nos níveis finais de consumo durante o período dos três primeiros anos.

O mesmo procedimento analítico utilizado para interpretação do modelo dinâmico fechado, pode ser utilizado na construção e solução de um sistema dinâmico aberto de insumo-produto que incorpora mudança estrutural (Araújo e Souza, 1998). Tanto a abordagem analítica quanto às manipulações numéricas permanecem essencialmente as mesmas; apenas a grandeza dos “a” e “b” inseridos em cada equação teria que ser distinguida por subscritos de tempo apropriados, e os valores numéricos desses coeficientes de fluxo e capital poderiam então mudar de ano para ano.

Como os produtos não podem ser negativos, apenas as seqüências e combinações de entregas finais podem ser realizadas de fato, dentro do quadro dessa estrutura dinâmica em cada caso específico que vem exigir produtos totais não negativos em todos os setores e em todos os anos (Chenery et al, 1986). A presença de muitas constantes negativas na solução geral, segundo Bulmer-Thomas (1982), indica a medida em que o alcance de caminhos alternativos de desenvolvimento abertos a uma determinada economia pode ser realmente restrito.

Segundo Leontief (1983), a principal deficiência da simples abordagem de insumo-produto para a determinação dos processos dinâmicos é a sua instabilidade no tratamento de situações em que uma ou mais indústrias operam durante um período de tempo significativamente longo, e sob condições de excesso de capacidade. Estoques de capital fixo investido em um setor como uma regra não podem ser desmantelados e transferidos para outro setor. Assim, conforme Ramos et al (1993) as capacidades ociosas, ou seja, os estoques em excesso, podem aparecer sempre que o índice de produto em uma determinada indústria decresce (em vez de permanecer o mesmo ou aumentar) de um ano para outro.

Para que se possa considerar o estoque ocioso no quadro de um sistema dinâmico de insumo-produto, tem-se que introduzir o conceito artificial de atividade de *holdings* e investimentos em ações (Chenery et al, 1986 e Moreira, 1991). Para elucidar, Leontief (1983) coloca que sempre que o produto do setor industrial decresce de um ano para outro em 100 unidades, por exemplo, pode-se supor que a atividade ociosa de “reter a capacidade industrial ociosa” cresce na mesma quantidade. Como os coeficientes de capital dessa nova atividade são, por definição, idênticos aos da própria indústria de transformação, os estoques totais retidos pelo setor industrial permanecem os mesmos, apesar do fato de que seu produto anual tenha sido reduzido (Cunha, 1992).

Assim, a introdução desse novo recurso analítico transforma o simples esquema dinâmico de insumo-produto em um modelo de programação linear muito mais complexo.

2.2.4. Classificação, agregação e informatização

Quanto maior for o número de setores em termos dos quais uma tabela de insumo-produto descreve uma dada economia nacional, mais detalhada poderá ser a determinação dos resultados finais em suas aplicações analíticas (Leontief, 1993). A maioria das tabelas de insumo-produto atualmente em uso contém de 10 a 100 setores; entretanto, tabelas com centenas de setores foram construídas e são utilizadas (Ledebur, 1995; Souza et al, 1997 e Mendes Junior, 1995). À medida que melhores informações estatísticas se tornam acessíveis, a tendência para a construção de tabelas maiores e mais detalhadas se torna mais pronunciada.

A classificação das indústrias para fins de análise de insumo-produto é dirigida pela consideração da homogeneidade tecnológica, assim como a classificação da mão-de-obra (assalariados), é dirigida pela semelhança estrutural de seu modelo de despesas. O problema da agregação surge quando o tamanho de sua matriz de insumo-produto é reduzido pela combinação de algumas de suas colunas e linhas correspondentes (Montoro Filho, 1994). A relação entre as propriedades da matriz agregada e da matriz não-agregada depende da posição, na última das colunas de insumo dos setores que estão sendo consolidados. Sob certas condições ideais, o inverso consolidado da matriz original é idêntico ao inverso da matriz consolidada. Segundo Figueiredo (1987), quando essas condições não são completamente satisfeitas, mas apenas aproximadamente, a já mencionada identidade é, obviamente, apenas aproximadamente realizada.

Muitas aplicações do método de insumo-produto exigem soluções numéricas de grandes sistemas de equações lineares, inversões de grandes matrizes contendo até várias centenas de linhas e colunas, assim como, muito semelhantes em termos de computação, soluções de grandes problemas de programação linear (Henderson et al, 1989; Sarachik, 1997, Berni, 1994a e Berni, 1994b). Um exemplo de procedimentos computacionais especiais utilizados nessa relação é apresentado pelo procedimento iterativo com base na seguinte relação entre “i” inverso $(I - [a_{ij}])^{-1}$ da matriz $(I - [a_{ij}])$, e a soma de uma série convergente infinita de poderes sempre crescentes da matriz estrutural original A , como mostrado na expressão 2.13, onde I representa a chamada matriz unidade (expressão 2.14).

$$(I - [a_{ij}])^{-1} = I + [a_{ij}] + [a_{ij}]^2 + [a_{ij}]^3 + \dots \quad (2.13)$$

$$I = \begin{vmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{vmatrix} \quad (2.14)$$

A série apresentada na equação 2.13 será convergente se a matriz estrutural $[a_{ij}]$ satisfizer a seguinte condição: a economia nacional por ela descrita for capaz de se auto-sustentar (Montoro Filho, 1994). Uma matriz desse tipo possui também uma outra propriedade, muito útil em todas as computações numéricas de insumo-produto: pequenas variações (causadas, por exemplo, por erros de observação) na magnitude de seus elementos (a_{ij}) , podem causar apenas pequenas mudanças em qualquer elemento A_{ij} de seu inverso.

2.2.5. Leontief e o meio ambiente

Leontief (1966) teve uma noção perfeita do fracasso relativo do planejamento, enfatizando os motivos que o levam a ocasionalmente falhar. Mas invariavelmente defendeu que o próprio homem querendo lançar mão de sua inventiva e recorrendo às suas reservas morais e de vontade, consegue promovê-lo eficaz e satisfatoriamente. Para ele, porém, o exercício do planejamento esvaziou-se quando este se distanciou de sua genuína distinção humana, portanto qualquer plano desvinculado de um projeto global de cunho social é ilegítimo.

Segundo Rossetti (1982) e O'Connor e Henry (1975), as conclusões de Leontief basearam-se em observação da realidade, através da qual até mesmo o empenho no sentido da observação empírica esbarra em simplificações fatais, em excessos de confiança no instrumental e de desconfiança no público. Como alternativa de planificação econômica, ressalta-se o uso do método de tentativa e erro, hoje ultrapassado pelo planejamento moderno, e teoriza-se sobre a margem de risco que decorre dos instrumentos de previsão (Leontief, 1983).

Leontief vinha aconselhando severa vigilância quanto a certos valores vislumbráveis através da sua matriz de insumo-produto (Montoya e Picerno, 1998). Nesse sentido, preconiza o controle de crédito, a transferência de capitais das áreas mais desenvolvidas para as menos desenvolvidas, o cuidado com o **ambiente**, a possibilidade de acelerar-se o desarmamento sem perigo de inexorável mergulho em processo de depressão econômica (Leontief, 1974).

Em função dos pontos anteriormente colocados, Filellini (1994) ressalta que um projeto de investimento é um conjunto sistemático de informações que servem de base para a tomada de decisão relativa à alocação de recursos. Quando a variável meio ambiente faz parte desse conjunto de informações, conforme Rampazzo (1996), o referido projeto é definido como sendo um projeto ambiental. Na avaliação econômica de projetos, essa variável, geralmente não era levada em consideração de forma explícita, por não haver preocupação com a degradação ambiental (Buarque e Ochoa, 1999). Hoje, porém, o meio ambiente é de fundamental importância e constitui, portanto, uma parcela significativa nesse processo de avaliação (Turner e Pearce, 1994; Turner, 1993; Roberts, 1990; Rattner, 1999; Rampazzo, 1996; McFetridge, 1992; Lopes, 1996; Ferreira e Viola, 1996; Alier, 1998 e Baram, 1992). Representa em determinados casos, o fator crucial na tomada de decisão de um

empreendimento (Epstein, 1996; Panayotou, 1994; Martinez Jr. e Braga, 1998 e Maimon, 1996). Equivale a dizer que levar em consideração a variável ambiental conduz a considerar seu custo, que é função das características tecnológicas da indústria.

Atualmente uma série de trabalhos vem discutindo a questão da variável ambiental nos processos econômicos, e criando modelos de tomada de decisão no que diz respeito ao uso de recursos e seus custos. No que diz respeito ao uso dos recursos naturais alguns exemplos significativos (alguns no âmbito do território brasileiro) estão apresentados nos trabalhos de Valverde (1977), Shultz (1997), Ramade (1981), Hombeeck Jr (1977), Da Motta (1998), Harrison (1963), Carvalho (1966), Canepa et al (1995), Buchholz (1995) e Bonus (1990).

Rampazzo (1996) enfatiza que a correlação entre o contexto econômico e o meio ambiente pode ser visualizada com maior clareza através da análise de insumo-produto. Essa técnica descreve e explica, conforme já descrito, o nível de produção de cada setor da economia em termos correspondentes aos níveis de atividade de outros setores (Vieira e Maimon, 1993; Vial e Dasgupta, 1991; Silverstein, 1993; Martinez Alier, 1996; North, 1997; Macneill et al, 1992 e Ely, 1990).

Conforme Benakouche e Cruz (1994), com o modelo insumo-produto, o meio ambiente pode ser integrado ao sistema econômico como insumo, ou seja, fator de produção. No entanto, esses fluxos e suas correlações levam a pensar na existência de um comportamento linear do sistema econômico. Neste sentido, o uso do capital (K) permite obter uma produção (P), via recurso (R), em que uma parte é destinada aos bens de consumo (C) que geram utilidade e, portanto bem-estar. Isso pode ser representado conforme mostrado na Figura 2.26.

Assim sendo, pode-se incluir a variável “meio ambiente” como um dos elementos dos fluxos de entrada e de saída do sistema econômico. Para isso, basta acrescentar na matriz de insumo-produto (Tabela 2.2) uma linha e uma coluna, ou seja, uma entrada e uma saída para os recursos naturais. Logo, a última linha dessa matriz representa o meio ambiente, como fornecedor de recursos naturais alimentando a atividade econômica, e a última coluna, como receptor de elementos restantes dessa atividade (Tabela 2.6).

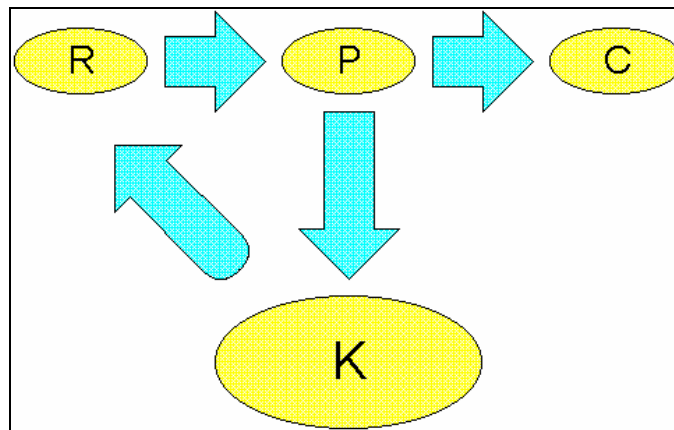


FIGURA 2.26: Comportamento linear da economia.

Fonte: Adaptado de Benakouche e Cruz (1994).

A matriz indicada na Tabela 2.6 mostra o papel duplo do meio ambiente. Por um lado, ele fornece recursos naturais, que são transformados em energia e produtos de consumo e, por outro, recebe de volta estes elementos na forma de resíduos. A Figura 2.27, elaborada por Benakouche e Cruz (1994), ilustra a interação da variável “meio ambiente” com a atividade econômica como fornecedor de recursos naturais e receptor de resíduos. Dessa quantidade de resíduos apenas uma parte é absorvida pela natureza devido a sua capacidade de reciclagem natural.

TABELA 2.6: Matriz insumo-produto com inclusão do meio ambiente (MA)

		PRODUTOS					Demanda final	Produção bruta
		1	2	3	.....	Resíduos despejados no MA		
I N S U M O	1	X_{11}	X_{12}	X_{13}$	.....	X_{1(ma)}$	y_1	x_1
	2	X_{21}	X_{22}	X_{23}$	.....	X_{2(ma)}$	y_2	x_2
	3	X_{31}	X_{32}	X_{33}$	.....	X_{3(ma)}$	y_3	x_3

S	Bens do MA	$X_{(ma)1}$	$X_{(ma)2}$	$X_{(ma)3}$	.....	$X_{(ma)(ma)}$	$Y_{(ma)}$	$X_{(ma)}$
	Valor associado	V_1	V_2	V_3$	.....	V_{(ma)}$		
	Produção bruta	x_1	x_2	x_3$	.....	X_{(ma)}$		

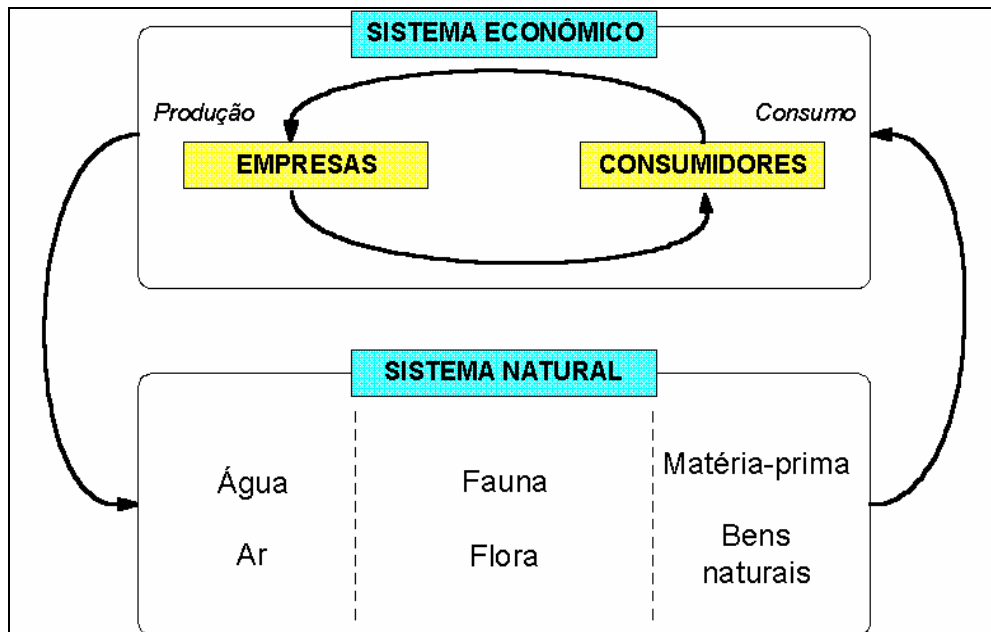


FIGURA 2.27: Interação economia-meio ambiente.

Fonte: Adaptado de Benakouche e Cruz (1994).

Além da capacidade natural do meio ambiente de absorver resíduos, a outra parte deles retorna à atividade econômica na forma de recursos naturais que são reciclados, visando ao consumo e gerando novas utilidades (Montoya e Picerno, 1998). Porém, cada uma dessas fases gera resíduos (W) que são despejados no meio ambiente, tal como evidencia a Figura 2.28. Dos recursos naturais (RN), da produção (P) e do consumo (C), gera-se resíduos (W), sendo que apenas uma pequena quantidade é reciclada no sistema natural (representado na Figura 2.28 pelo bloco *r*) e retorna ao sistema econômico na forma de recurso. A outra parte, que não pode ser reciclada, é despejada diretamente no ambiente, como elemento poluidor.

Exceto o trabalho de Benakouche e Cruz (1994) que apresenta, como visto, um exemplo de aplicação do modelo de insumo-produto utilizando critérios ambientais. Outros exemplos podem ser vistos em Leontief (1977), sobre a economia portuguesa, em Leontief (1966) sobre a economia espanhola e Haddad (1976) e Fontenele e Silva (1980) sobre a economia brasileira.

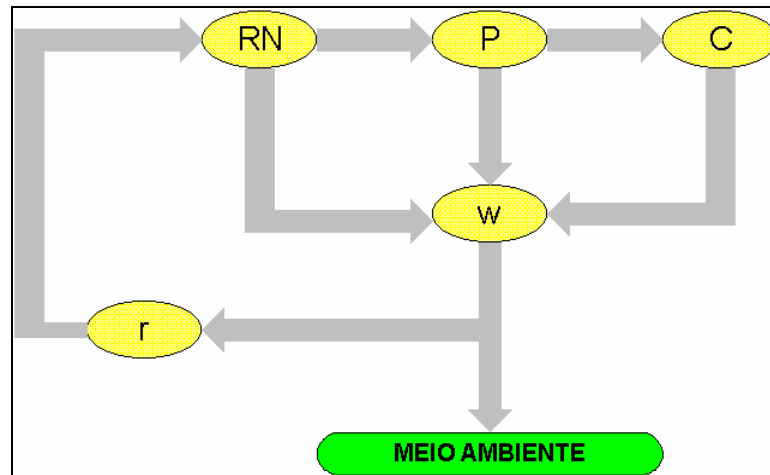


FIGURA 2.28: Comportamento não linear da economia.

Fonte: Adaptado de Benakouche e Cruz (1994).

2.3. Métodos e modelagem matemática

Como indicado no início deste capítulo, este item visa caracterizar os princípios matemáticos e estatísticos capazes de fundamentar os modelos escolhidos para estudo: estocástico e determinístico.

Para entender-se o modelo estocástico é necessário a compreensão de alguns conceitos fundamentais de estatística. Em função desta necessidade foi elaborado no Apêndice 1, uma revisão sobre as noções básicas de probabilidade. E conseqüentemente para poder-se definir probabilidade e diferenciar os modelos citados anteriormente, é necessário à definição e caracterização de alguns parâmetros, como espaço amostral, eventos (conceitos e combinações), conceitos de probabilidade (clássica, freqüencial e axiomática), probabilidade condicional e total (caracterizando os eventos independentes e o teorema de Bayes) e também variáveis aleatórias (discretas e contínuas).

2.3.1. Modelos

Embora se tenha uma idéia intuitiva do que seja um modelo, é importante colocar-se uma definição formal, porque alguns dos significados que são normalmente associados à palavra modelo destoam muito do conceito que se utiliza neste trabalho, e podem conduzir a interpretações errôneas. A palavra modelo é popularmente usada para designar algo perfeito ou próximo a perfeição, ou que, por algum motivo, deva ser imitado. Para a modelagem enquanto atividade científica, modelo tem um significado, e de certa forma, antiético ao anterior, pois não se estaria muito longe dele se pensássemos em um modelo como uma "imitação", reconhecidamente imperfeita, de alguma coisa que existe no mundo real. Mais formalmente, pode-se dizer que um modelo é algo que possui as seguintes características:

- a) representa alguma coisa que existe no mundo real;
- b) todas as suas "partes" representam algum(ns) componente(s) daquilo que o modelo procura representar como um todo; e
- c) pelo menos alguns dos relacionamentos entre estas "partes" são análogos aos que se verificam entre os componentes reais que elas representam.

Conforme Birge e Louveaux (1997), toda a vez que se emprega matemática com a finalidade de estudar algum fenômeno deve-se começar por construir um modelo matemático. Frequentemente o objetivo da pesquisa científica é dar uma descrição matemática adequada de algum fenômeno natural ou artificial. Um modelo pode ser definido, como visto anteriormente, como uma idealização matemática, usada para aproximar um fenômeno observado. Em algumas idealizações, certos pressupostos são formulados e certos detalhes são ignorados como sendo de pouca importância. O sucesso do modelo depende da validade destes pressupostos (Bellman, 1964).

Segundo Sagula (1999), uma forma de verificar a validade de um modelo é quantificar o quanto o modelo descreve adequadamente o fenômeno estudado por meio de observações. O processo de levantar as observações, quer por conhecimento anterior quer por sugestão, tem a denominação de experimento (Stevenson, 1981).

Os modelos podem ser classificados de forma geral em **determinísticos** ou **probabilísticos**. Uma característica importante do modelo diz respeito ao conhecimento de

sua natureza quanto à formulação, ou seja, saber como são tratados os valores da distribuição. Um modelo não-determinístico (probabilístico) é aquele no qual diante das informações, não se permite a formalização de uma regra para determinar a precisão do resultado de um experimento (Andrade, 1998). Muitos fenômenos naturais ou artificiais são aleatórios, como visto anteriormente, por não poderem ser modelados de forma exata, ao passo que os modelos determinísticos são regidos segundo uma aplicação bem definida a priori.

Na construção de um modelo, Bender (1978) salienta que deve ser levado em conta a sua regularidade ao longo do processo. Este estudo se ocupa de experimentos que exibem o fenômeno aleatório com regularidade estatística.

Um modelo estocástico é uma descrição matemática idealizada de um fenômeno aleatório. Tais modelos têm três componentes essenciais: o conjunto de todos os resultados possíveis, eventos de interesse e uma medida de incerteza (Parzen, 1972).

A parte mais importante da modelagem estatística, segundo Silva e Muntz (1992), é a distribuição de probabilidade dos eventos. As distribuições de variáveis aleatórias podem apresentar-se sob dois aspectos: ou os fenômenos conhecidos têm a forma discreta e aí são descritos somente com valores inteiros, ou as variáveis aleatórias são contínuas, e podem ser utilizadas para descrever fenômenos em que as variáveis de interesse podem tomar um valor em algum intervalo.

Um modelo é uma abstração, ou seja, uma visão simplificada de um sistema em estudo, mas projetado com o propósito de captar o máximo do comportamento real deste sistema, fornecendo respostas precisas dentro de um intervalo aceitável. Os modelos, geralmente, possuem vantagens óbvias sobre medidas feitas em um sistema real. Um modelo é freqüentemente a única alternativa prática, se o sistema ainda não existe ou se é necessário analisar submetido a uma carga ainda inexistente (Silva e Muntz, 1992). Odum (2001) coloca que um modelo deve ser considerado como uma formulação que imita um fenômeno do mundo real, e por intermédio do qual se podem fazer previsões.

Quanto às operações que se realizam nos modelos, Odum (2001) caracteriza de forma bastante simples que estas operações permitem prever resultados prováveis à medida que no modelo se alteram parâmetros, se fornecem dados novos ou se retiram as informações anteriores. Em outros termos, uma formulação matemática pode com freqüência ser

“sintonizada” mediante operações complexas ou não, de forma a ser melhorado o "ajuste" ao fenômeno do mundo real. Os modelos são extremamente úteis como resumos do que se sabe sobre a situação que está sendo modelada, e desse modo útil para delimitar aspectos que sejam carentes de dados novos e/ou melhorá-los, ou ainda gerar novos princípios.

Odum (2001), salienta também, um ponto importante no que diz respeito ao trabalho com modelos, pois muitas vezes os resultados obtidos não são os esperados. Quando um modelo “não funciona”, isto é, quando da uma imagem deficiente do mundo real, as operações podem com frequência dar indicações sobre os aperfeiçoamentos ou as alterações necessárias. Caso contrário, se o modelo provar ser uma boa simulação, então as oportunidades de experimentação são ilimitadas, uma vez que podem introduzir novos fatores ou perturbações e ver como afetam o sistema.

2.3.1.1. Considerações iniciais sobre modelos determinísticos e probabilísticos

Nos modelos determinísticos, como salientado anteriormente as condições sob as quais o experimento é executado, determinam o resultado do experimento.

Os modelos não-determinísticos (probabilísticos ou estocásticos), são modelos que de antemão não é possível explicitar ou definir um resultado particular. Estes modelos são especificados através de uma distribuição de probabilidade. São normalmente utilizados quando se tem um grande número de variáveis influenciando o resultado e estas variáveis não podem ser controladas. Tome-se por exemplo, o lançamento de um dado onde se tenta prever o número da face que irá sair, a retirada de uma carta de um baralho e etc. No Apêndice 2, pode-se são destacadas as principais definições sobre experimento aleatório (não-determinístico).

O modelo estocástico é caracterizado como um modelo probabilístico que depende ou varia com o tempo. A teoria dos processos estocásticos trata de sistemas que evoluem no espaço ou no tempo, de acordo com leis probabilísticas. No processo estocástico temporal, os resultados são "indexados" ou identificados no tempo, em ocasiões específicas. Assim

definido, um processo estocástico^{2.12} é um experimento aleatório no tempo, através do qual algum atributo de interesse assume valores numéricos segundo fatores casuais (Parzen, 1972). Este atributo, que pode tratar de valores qualitativos, como visto, é denominado variável aleatória (Hines e Montgomery, 1980).

Para se compreender claramente os conceitos ligados aos processos estocásticos e principalmente as Cadeias de Markov, que serão discutidas a seguir, é necessário o envolvimento com conceitos ligados a modelos contínuos e a simulação discreta (Apêndices 3 e 4). No Apêndice 3, foi feita uma revisão sobre o que é, e as necessidades estatísticas de entendimento dos modelos contínuos como: definição de distribuição uniforme e definição de distribuição normal. Já no Apêndice 4, a simulação discreta foi retratada de forma didática, dando subsídios ao saber sobre geração de variáveis aleatórias da distribuição uniforme e normal, programação linear e programação dinâmica

2.3.1.2. Cadeias de Markov

O processo da Cadeia de Markov foi desenvolvido no início do século XX por A. A. Markov, para resolver problemas da Física e da Química (Chung, 1967).

A utilização de processo estocástico é útil nos estudos de sistemas complexos. Os elementos básicos deste processo são os "estados" de um sistema e os estados de "transição" (Accardi, 1989). Diz-se que um sistema ocupa um estado, quando ele é completamente descrito pelos valores de variáveis que definem esse estado. Segundo Kemeny e Snell (1963), um sistema exerce estado de transição, quando as variáveis descrevem trocas de um valor específico de um estado para um valor especificado de outro estado, no estágio seguinte.

O estado de transição pode ser descrito por um índice de transição sobre o tempo dentro da perspectiva do uso de variáveis aleatórias, em que o processo será de tempo contínuo. Por outro lado, pode se envolver tempo entre transições implicando em um processo de tempo discreto.

^{2.12} Processo estocástico pode ser definido, também, pela família ou conjunto de variáveis aleatórias $\{X_t\}$, onde t é um parâmetro temporal (índice) de um dado conjunto T (Ross, 1996).

Assim, considerando um processo aleatório de parâmetro discreto $(x_n) = (x_0, x_1, x_2, \dots)$ em que o espaço dos estados é discreto, a estrutura de probabilidade de um processo aleatório de parâmetro discreto é determinada pelas probabilidades conjuntas dada pela expressão 2.15, para todo k finito e para toda seqüência $j_0, j_1, j_2, \dots, j_k$ de estados.

$$p(j_0, j_1, j_2, \dots, j_k) = P[x_0 = j_0, x_1 = j_1, x_2 = j_2, \dots, x_k = j_k] \quad (2.15)$$

Tal processo recebe a denominação específica de cadeia de Markov se, para cada k , a probabilidade condicional de que o sistema esteja em um dado estado após k passos, conhecendo-se os estados do sistema em todos os passos anteriores é a mesma que a probabilidade condicional, conhecendo-se apenas o estado em um passo imediatamente anterior (Camey, 1998). Isto é mostrado na expressão 2.16 para cada k e para cada seqüência $j_0, j_1, j_2, \dots, j_k$ de estados.

$$p(x_k = j_k / x_0 = j_0, x_1 = j_1, \dots, x_{k-1} = j_{k-1}) = p(x_k = j_k / x_{k-1} = j_{k-1}) \quad (2.16)$$

Se a relação dada pela expressão 2.16 é verdadeira para todo k , então fazendo uso repetido da identidade de Bayes (item 3.1.6), obtém-se a relação 2.17.

$$p(j_0, j_1, \dots, j_k) = p(j_0) \cdot p(j_1 / j_0) \cdot \dots \cdot p(j_k / j_{k-1}) \quad (2.17)$$

Assim, todas as probabilidades conjuntas necessárias à descrição do processo são determinadas em termos das probabilidades condicionais simples, $p(j_k / j_{k-1})$, chamadas as probabilidades de transição de um passo, e o conjunto de probabilidades iniciais é dado pela equação 2.18.

$$p_i = p(0) = P[x_0 = i] \quad \text{para } i, j = 0, 1, 2, \dots \quad (2.18)$$

Como as probabilidades de transição são estacionárias, isto é, $P(X_2 = x_2 / X_1 = x_1) = P(X_3 = x_3 / X_2 = x_2) = \dots = P(X_n = x_n / X_{n-1} = x_{n-1})$, simplifica-se esta notação através da equação 2.19, que não depende de k . Deste modo a equação 2.17 pode ser escrita como mostrado na equação 2.20.

$$p_{ij} = P[X_k = j / X_{k-1} = i] \quad (2.19)$$

$$p(j_0, j_1, \dots, j_k) = p_{j_0} \cdot p_{j_0 j_1} \cdot p_{j_1 j_2} \cdot \dots \cdot p_{j_{(k-1)} j_k} \quad (2.20)$$

E assim é possível, segundo Grinstead e Snell (1997), especificar um conjunto de probabilidades condicionais p_{ij} , no qual um sistema ocupa neste instante o estado i e ocupará na próxima transição o estado j . Desde que o sistema deva estar em algum estado seguinte após esta transição, tem-se a expressão 2.21, onde a probabilidade que o sistema permanecerá em i , p_{ii} , está satisfeita. Desde que p_{ij} são probabilidades, tem-se, $0 \leq p_{ij} \leq 1$.

$$\sum_{j=1}^N p_{ij} = 1 \quad (2.21)$$

A matriz P , descrita na equação 2.22, cujas entradas são as probabilidades de transição de um passo p_{ij} , é denominada matriz de transição do processo e o vetor $p^{(0)} = (p_1^0, p_2^0, p_3^0, \dots)$, descrito na equação 2.18, é chamado de vetor de probabilidade inicial.

$$P = (p_{ij}) = \begin{pmatrix} p_{00} & p_{01} & p_{02} & \cdot & \cdot & \cdot \\ p_{10} & p_{11} & p_{12} & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix} \quad (2.22)$$

Geralmente, na prática, a matriz de transição (P) teórica ou verdadeira é desconhecida. O procedimento usual para especificar P supõe, primeiramente, que o processo estocástico observado (histórico) constitui uma amostra aleatória do processo real (Mann et al, 1974).

O Anexo 1 apresenta um exemplo, simplificado, de aplicação de cadeias de Markov em uma análise ambiental, este exemplo é baseado no trabalho de Guazzelli (1993), onde o desenvolvimento do modelo é realizado sobre um exemplo prático cuja aplicação trata da presença de mercúrio em águas superficiais em concentrações acima do limite estabelecido. A função deste anexo (Anexo 1) é definir de forma simples a utilização da metodologia e principalmente redefinir alguns conceitos apresentados neste item, de forma prática e didática. Além disto, pode-se observar a montagem de uma matriz de transição e também a montagem de uma árvore de probabilidade (artifício para visualização das matrizes de transição).

2.3.1.3. Probabilidades de transição de n -passos

Numa generalização, pode-se definir probabilidades de transição de n passos, $p_{ij}^{(n)}$, por $p_{ij}^{(n)} = P[X_{k+n} = j / X_k = i]$, para $i, j = 0, 1, 2, \dots$ e, para $n \geq 0$. Isto é, $p_{ij}^{(n)}$ é a probabilidade de que o processo passe do estado i ao estado j em n passos (Chung, 1967 e Gudder, 1988). Assim, $p_{ij}^1 = p_{ij}$.

De forma semelhante, tem-se que $p_i^{(n)} = P[X_n = i]$ é a probabilidade incondicional de que o processo esteja no estado i após n -passos (Badii e Politi, 1997).

O interesse está em determinar essas probabilidades a partir das probabilidades de transição, p_{ij} , de 1 passo dados pela equação 2.19. Para tanto, deve-se considerar o trajeto que o processo pode percorrer para ir do estado i para o estado j em dois passos (Figura 2.29).

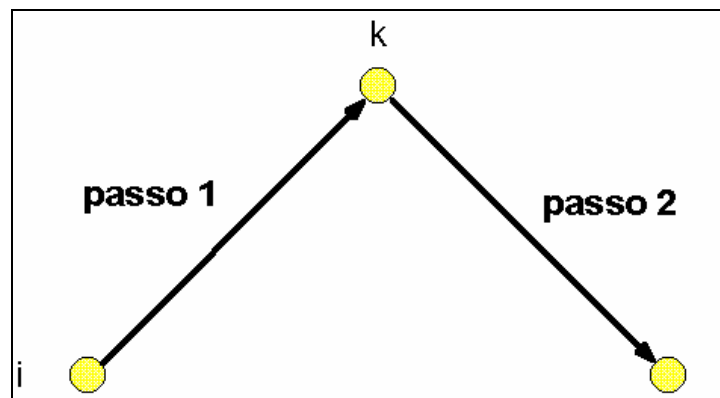


FIGURA 2.29: Transição de 2 passos

Supondo que k seja o estado que o processo alcança no primeiro passo, então, para esse trajeto a probabilidade de ir de i para k para j , em exatamente dois passos, é mostrado na equação 2.23.

$$p_{ik}p_{kj} = P[X_1 = k / X_0 = i] \cdot P[X_2 = j / X_1 = k] = P[X_2 = j; X_1 = k / X_0 = i] \quad (2.23)$$

Mas, conforme Gudder (1988), geralmente, uma vez que o processo tem um mecanismo de transição estacionário, essa é a probabilidade de ir de i para k para j em quaisquer dois passos consecutivos (não necessariamente os primeiros).

Uma vez que no primeiro passo o processo deve alcançar algum estado k , pode-se observar a expressão 2.24.

$$p_{ij}^{(2)} = \sum_k p_{ik} p_{kj} \quad (2.24)$$

A partir desta equação (2.24), denota-se a matriz cujos elementos são $p_{ij}^{(2)}$ por $P^{(2)}$ e, genericamente, indica-se a matriz cujos elementos são $p_{ij}^{(n)}$ por $\tilde{P}^{(n)}$. Pela utilização da equação^{2.13} para o cálculo de um produto de duas matrizes dadas, pode-se observar que a equação 2.24 é a expressão para a determinação dos elementos da matriz do produto para o caso particular em que $A = B = p$. A expressão 2.24 pode ser ainda escrita na forma matricial (expressão 2.25), onde \tilde{P} é a matriz com elementos p_{ij} .

$$\tilde{P}^{(2)} = \tilde{P} \cdot \tilde{P} = \tilde{P}^2 \quad (2.25)$$

Vê-se, deste modo, que a matriz de probabilidades de transição de dois passos é igual a matriz de probabilidades de transição de um passo, ao quadrado. Assim, de forma genérica, a matriz de probabilidades de transição de n passos, é formada elevando a matriz de probabilidades de transição de um passo a n -ésima potência (equação 2.26).

$$\tilde{P}^{(n)} = \tilde{P}^n \quad (2.26)$$

Conclui-se, então, que o problema de se encontrar probabilidades de transição de n passos, se reduz à determinação de potências da matriz de probabilidades de transição de um passo (Clarke e Disney, 1979).

2.3.1.4. Probabilidades de estado do n -ésimo passo

Ampliando-se o raciocínio, é possível pensar em probabilidades de estado do n -ésimo passo (Badii e Politi, 1997). Definindo-se $p^{(n)} = (p_0^{(n)}, p_1^{(n)}, \dots)$ como o vetor de

^{2.13} Equação para o cálculo do produto de duas matrizes A e B : $\sum_k A_{ik} B_{kj}$

probabilidades de estado após n transições, o elemento $p_k^{(1)}$ do vetor de estado $p^{(1)}$ é a probabilidade de estar no estado k após um passo (expressão 2.27).

$$p_k^{(1)} = P[X_1 = K] = \sum_j P[X_0 = j] \cdot P[X_1 = k / X_0 = j] = \sum_j p_j \cdot p_{jk} \quad (2.27)$$

O lado esquerdo da igualdade mostrado na expressão 2.27, é a probabilidade de estar no estado k após uma transição. O lado direito pode ser interpretado, simplesmente, como a probabilidade de estar em algum estado j para começar, e em um passo passar de j para k , já que se pode começar em qualquer estado j , deve-se somar todos os caminhos em que se pode estar no estado k , a despeito do estado inicial, para determinar $p_k^{(1)}$.

A expressão 2.27 pode ser descrita em forma matricial conforme a equação 2.28. Se der seqüência ao processo para $n=2$, segue-se que $p_k^{(2)} = P[X_2 = k] = \sum_j p_j^1 p_{jk}$ ou, em forma de vetor e matriz (expressão 2.29).

$$p^{(1)} = p^{(0)} \cdot \underset{\sim}{P} \quad (2.28)$$

$$p^{(2)} = p^{(1)} \cdot \underset{\sim}{P} \quad (2.29)$$

Substituindo a equação 2.28 na 2.29, obtêm-se a expressão 2.30, onde $\underset{\sim}{P}^2$ é o quadrado da matriz P . Em geral, por indução matemática, chega-se a equação 2.31 e finalmente a equação 2.32.

$$p^{(2)} = p^{(0)} \cdot \underset{\sim}{P}^2 \quad (2.30)$$

$$p^{(n)} = p^{(n-1)} \cdot \underset{\sim}{P} \quad (2.31)$$

$$p^{(n)} = p^{(0)} \cdot \underset{\sim}{P}^n \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.32)$$

Assim sendo, o vetor de probabilidade de estado após n passos, é encontrado em termos do vetor de probabilidade inicial $p^{(0)}$ e da n -ésima potência da matriz de probabilidades de transição de um passo.

2.3.1.5. Distribuições limites

Este item prevê uma discussão a respeito de Distribuições Limites, dentro das perspectivas do conhecimento do vetor de probabilidade estacionária do processo para um horizonte amplo. Assim, é necessário estudar o comportamento ao longo do tempo das probabilidades de estado, descritas pelas probabilidades limites v_j (Rohatgi, 1976). Mais precisamente, considera-se as quantidades como mostrado na expressão 2.33.

$$v_j = \lim_{x \rightarrow \infty} p_j^{(n)} \quad (2.33)$$

Em termos razoáveis, pode-se esperar que, ao longo de um grande período de tempo, a influência de estado inicial, no qual o processo iniciou pode esmorecer e, assim, que as probabilidades limites, v_j , podem não depender do estado inicial (Gnedenko e Kolmogorov, 1954 e Landau, 1987). Isto ocorrendo, ou seja, se cada v_j realmente não depende do estado inicial, a matriz $\tilde{P}^{(n)} = (p_{ij}^{(n)})$ convergirá para uma matriz \tilde{V} com “n” tendendo ao infinito e cada uma de suas linhas será idêntica ao vetor V com componentes v_j .

Para determinar se os limites que definem v_j existem, faz-se necessário uma avaliação através das equações 2.34 e 2.35 (Jørgensen e Martinez, 1990). Como estas funções (2.34 e 2.35) são limitadas, ou seja, $0 \leq p_k^{(n-1)} \leq 1$ e $0 \leq p_{kj} \leq 1$; Duflo (1997) propõe a utilização da equação 2.36, que também pode ser expressa na forma matricial (equação 2.37).

$$p_j^{(n)} = \sum_k p_k^{(n-1)} \cdot p_{kj} \quad (2.34)$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} p_j^{(n)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \sum_k p_k^{(n-1)} \cdot p_{kj} \quad (2.35)$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} p_j^{(n)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \sum_k p_k^{(n-1)} \cdot p_{kj} = \sum_k v_k \cdot p_{kj} \quad (2.36)$$

$$\tilde{V} \cdot \tilde{P} = \tilde{P} \quad (2.37)$$

A expressão 2.33 propicia um sistema de equações lineares que deve ser satisfeito pelas quantidades v_j (Durrett, 1996). Assim, qualquer vetor $X=(x_0, x_1, \dots)$ com $x_j \geq 0$;

$\sum_j x_j = 1$ e que satisfaça o sistema gerado pela expressão 2.33 (equações 2.38 e 2.39), é chamado um vetor de probabilidade estacionária do processo (James, 1996).

$$x_j = \sum_k x_k \cdot p_{kj} \quad (2.38)$$

$$X = X \tilde{P} \quad (2.39)$$

2.3.1.6. Processo completamente ergódico

Muitos processos de Markov apresentam a propriedade de distribuição de probabilidade de estado limitante (Accardi, 1989), que informa que o histórico do processo independe das condições iniciais, para se obter a solução de um problema. Tal propriedade se denomina processo completamente ergódico.

Para um processo de Markov com esta característica, pode-se definir uma quantidade π_i como a probabilidade que o sistema ocupa o i -ésimo estado após um grande número de transições (Halmos, 1965).

2.3.1.7. Modelos de decisão markovianos

Segundo Andrade (1998), um sistema dinâmico evolui no tempo de acordo com um efeito conjunto das leis de movimento probabilísticas e da seqüência de decisões tomadas (realização de ações).

Para um modelo geral, o sistema é observado ao longo do tempo, $t = 1, 2, \dots$ e classificado dentro de um estado de um número finito de estados designados por $1, 2, \dots, M$; onde estes estados pertencem a um determinado período de tempo especificado (Carlson, 1973). Considerando-se $\{X_t, t = 1, 2, \dots\}$ a seqüência de estados observados, pode-se dizer que depois de cada observação, será tomada uma dentre k (finito) decisões (ações) possíveis, designadas por $1, 2, 3, \dots, k$. A seqüência que denota o vetor de decisões reais considerado é descrito por $\{d_t, t = 1, 2, \dots\}$.

Uma “política”^{2.14}, denotada por RTD, é uma "Regra para Tomada de Decisões" em cada ponto no tempo. Em princípio, uma “política” poderia usar todas as informações previamente observadas até o tempo t , isto é, toda história do sistema consistindo de X_1, X_2, \dots, X_t e d_1, d_2, \dots, d_t .

Entretanto, para grande parte dos problemas práticos, é suficiente considerar apenas as “políticas” que dependem somente do estado do sistema observado no tempo t , X_t e as decisões possíveis disponíveis (Silva, 1990). Uma “política” RTD pode ser vista como uma regra que prescreve a decisão $d_i(\text{RTD})$, quando o sistema estiver no estado j sendo $i = 1, 2, \dots, M$. Assim, RTD é completamente caracterizado pelo vetor 2.40.

$$\{d_1(\text{RTD}), d_2(\text{RTD}), \dots, d_M(\text{RTD})\} \quad (2.40)$$

Esta descrição supõe que sempre que o sistema estiver no estado i , a decisão a ser tomada será a mesma para todos os valores de t . As “políticas” que possuem esta propriedade são chamadas de políticas estacionárias (Cassarro, 1999).

Dado que um sistema evolui no tempo de acordo com um efeito conjunto das leis de movimento probabilísticas e da seqüência de decisões tomadas, seu caminho depende do estado inicial X_1 . Bastos et al (1998) colocam que quando isto ocorre, deverá ser suposto que, quando o sistema estiver no estado i e for tomada a decisão $d_i(\text{RTD}) = k$, então a probabilidade de que o sistema esteja no estado j , no próximo período de tempo observado, é dada por $p_{ij}(k)$, para todo $i, j = 1, 2, \dots, M$ e $k = 1, 2, \dots, K$.

Assim se for seguida uma “política” RTD, o processo estocástico resultante será uma Cadeia de Markov com uma matriz de transição conhecida, dependente da “política” escolhida. A seqüência de estados observados X_1, X_2, \dots e a seqüência de decisões tomadas D_1, D_2, \dots são chamadas de processo de decisão markoviana (Karlin e Taylor, 1996).

Uma prática útil para generalizar funções em processos de Markov é a utilização da transformada Z (Chen, 1963). No Apêndice 5 pode-se encontrar uma revisão sobre esta metodologia matemática.

2.3.1.8. A incerteza do projeto

^{2.14} Usar-se-á a terminologia “política”, pois esta é a nomenclatura utilizada normalmente na literatura referente à tomada de

Buarque e Ochoa (1991) afirmam que todas as conclusões de um projeto referem-se ao futuro, próximo ou distante, e é natural que os coeficientes calculados com base nessas conclusões estejam submetidos a um certo grau de incerteza.

À medida que se tenta evitar erros na montagem de um modelo e nas projeções de suas variáveis, a modelagem se torna a mais fiel possível do meio real.

2.3.1.8.1. Análise de sensibilidade

Na formulação de um problema se faz necessária uma avaliação criteriosa do modelo sugerido para atingir os objetivos. Passa por uma discussão das possíveis mudanças das variáveis, ocasionadas, como exemplos, por fatores climáticos e por fatores de mercado.

Vale a pena, portanto, incluir um método de análise que permita aos avaliadores e dirigentes conhecerem de que forma as variáveis podem influir nos resultados esperados. Em outras palavras, qual é a sensibilidade do resultado do modelo a cada uma das variáveis principais.

Através da análise de sensibilidade, determina-se em que medida um erro ou modificação de uma das variáveis incide nos resultados finais do modelo (Henderson, 1989). Dessa maneira, pode-se determinar quais desses elementos devem ser estudados mais profundamente. Além disso, a análise de sensibilidade é um instrumento de grande utilidade na administração futura, já que permite conhecer a importância de cada insumo e de cada variável sobre o desempenho de um processo.

A análise de sensibilidade consiste em definir a rentabilidade do projeto em função de cada uma de suas variáveis e observar a variação que ocorrerá na rentabilidade para cada alteração nas variáveis.

2.4. Modelos ecológicos

Devido à natureza dos seus objetos de estudo, a ecologia sempre se valeu muito de modelos, tanto de modelos físicos, quanto de modelos feitos de pura informação. A enorme complexidade e extensão física que a maior parte dos sistemas ecológicos possuem, tornam impraticável a condução de experimentos com alto nível de controle e reprodutividade, como ocorre nos estudos feitos em laboratório. Em geral, faz-se necessário simplificar os sistemas ecológicos originais de várias formas: delimitando áreas, escolhendo uma ou poucas espécies, acompanhando um pequeno grupo de indivíduo, considerando apenas algumas características do ambiente físico, etc. ao se fazer estas simplificações se está, em realidade, definindo um modelo para o sistema original, embora isto muitas vezes possa não ser percebido. Frascos de cultura, aquários, cercados e demarcações de áreas são exemplos de modelos físicos, freqüentemente usados para estudar determinados aspectos dos sistemas ecológicos, que não poderiam ser estudados, ao mesmo tempo em detalhe e por completo (Jørgensen e Mejer, 1977).

Um modelo ecológico pode ser entendido como uma simplificação de um sistema natural real qualquer, entendendo-se por sistema qualquer fenômeno estrutural ou funcional que tenha pelo menos dois componentes separados com alguma interação entre eles. Por ser a simplificação do sistema que se estuda, o modelo não pode ter todos os detalhes do sistema real, pois senão ele não seria um modelo mas o próprio sistema (Hall e Day, 1977).

O emprego os modelos não-físicos na ecologia é mais sutil e difuso, mas não menos freqüente ou importante. A simplificação necessária para o estudo dos sistemas ecológicos é, em boa medida, alcançada separando-se e enfocando-se alguns dos seus aspectos mais relevantes. Este processo é chamado de análise do sistema. Para alcançar um entendimento mais completo dos sistemas ecológicos, entretanto, também é necessário integrar os conhecimentos gerados nestes estudos de aspectos particulares, o que constitui o chamado processo de síntese do sistema (Bertalanffy, 1968). Para executar corretamente estes processos e compreender os resultados obtidos, é imprescindível utilizar ferramentas como esquemas gráficos, definições verbais e modelos matemáticos, isto é, modelos não-físicos dos sistemas ecológicos estudados. Na sua fase mais simples, os modelos tendem a terem formas verbais ou gráficas para descrever o sistema. Com o seu desenvolvimento eles adquirem estruturas mais complexas, evoluindo para modelos matemáticos, que se utilizam de equações para poder simular o sistema modelado (Odum, 1986 e Hall e Day, 1977). Uma observação

importante é o fato de que um modelo é sempre feito para ser substituído por outro melhor, na medida em que aumentam nossos conhecimentos sobre o sistema modelado (Hall e Day, 1977 e Meyer, 1992).

No estudo dos sistemas ecológicos, os modelos matemáticos tem tido grande importância, bem maior do que ocorre nas ciências biológicas em geral (Odum, 1988). Alguns autores, como mostrado no item 2.2.1.8, inclusive relacionam a modelagem matemática com a própria origem da ecologia como disciplina científica. As equações de Lotka-Volterra, as expressões de crescimento logístico e exponencial, a distribuição Poisson e modelos de regressão linear são exemplos famosos de modelos matemáticos que ocupam posições centrais na teoria e na metodologia de pesquisa ecológica (Margalef, 1968).

Na construção de um modelo ecológico, normalmente se é obrigado a realizar acentuadas simplificações, por que os sistemas que se quer modelar – espécies, populações, ecossistemas, etc. – são extremamente complexos e, se não se aceitar grandes simplificações, dificilmente obter-se-á um modelo minimamente tratável (Constanza e Sklar, 1985 e). Em um modelo para um ecossistema, por exemplo, pode ser impossível tratar as espécies individualmente, mesmo que se restrinja àquelas mais importantes e/ou representativas. Não seria possível considerar todas as interações que possam afetá-la, pois são inúmeras e o modelo resultante seria proibitivamente complexo e dificilmente poderia ser resolvido ou simulado (Ziegler, 1976). Mesmo que fosse possível simular um modelo destes, não se conseguiria construí-lo de forma adequada, devido à impossibilidade de se obter todos os dados necessários. Modelos ecológicos são frequentemente criticados por suas simplificações, mas é preciso ter em mente que qualquer modelo será sempre uma simplificação.

Neste contexto, a definição da estrutura do modelo, dos componentes e relações do sistema que serão representados nele, é um ponto crucial. Existem métodos propostos para ajudar na definição da estrutura (Halfon, 1983), mas estes são, até o momento, muito mais assuntos de pesquisa do que ferramentas práticas para a construção de um modelo ecológico. O trabalho de definição da estrutura do modelo normalmente terá mesmo que se basear nos conhecimentos e experiências dos modelistas e nos dados disponíveis sobre o sistema. Por isso, é muito interessante que o processo de modelagem conte com o apoio de especialistas e profissionais experientes, e com estudos exploratórios sobre o sistema de interesse.

Mesmo com um bom suporte, entretanto, um modelo pode fracassar se a definição da estrutura não for feita metodicamente (Jørgensen, 1994). A abordagem mais eficaz é definir objetivos claros para o modelo e orientar o seu desenvolvimento a partir deles. Assim, seleciona-se, segundo Gold (1977), apenas os componentes e relações que são importantes para a problemática abordada, e descarta-se todos os outros, mesmo que estes possam ser importantes para outros aspectos do sistema. Esta abordagem agiliza o desenvolvimento dos modelos, que tendem a ficar mais concisos e eficientes, além de fornecer justificativas mais objetivas para as simplificações efetuadas.

Outro problema sempre presente na construção de modelos ecológicos é a grande variabilidade dos sistemas ecológicos. Nenhum ecossistema é igual a um outro, assim como também nenhuma comunidade ou população. Diferentes populações de uma mesma espécie, podem ter características demográficas diferentes, assim como ecossistemas em condições físicas similares podem ter composição de espécies bastante distintas. As similaridades entre sistemas ecológicos, permitem que idéias, expressões matemáticas e experiências adquiridas com outros modelos possam ser aproveitadas na modelagem de um sistema com aspectos semelhantes. Entretanto, é necessário estudar o sistema que vai ser modelado no contexto apropriado e, a partir disto, definir uma estrutura básica para o modelo, por que aspectos fundamentais deste particular sistema podem não terem sido contemplados em modelos anteriores (Jørgensen, 1994).

Os modelos podem ser utilizados de várias maneiras. Entre seus objetivos destacam-se a ajuda na conceitualização, medição e comunicação de fenômenos complicados e, algumas vezes, na previsão da consequência de ações realizadas sobre o sistema modelado através do estudo deste sistema sob condições que não podem ser observadas ou criadas na realidade ou num período de tempo real.

O fato de que a realização de um modelo envolve o uso de informações oriundas de várias áreas de pesquisa diferentes, permite que se possam desenvolver novas linhas de estudo em áreas que integrem diferentes campos de pesquisa em torno de um objetivo comum.

2.4.1. Tipos de modelos ecológicos

Como visto, existem várias formas de classificar os modelos ecológicos e/ou ambientais, a seguir estão apresentadas algumas destas classificações, que se destinam a uma caracterização mais didática dos processos a serem utilizados. Em uma avaliação final pode-se observar que todos os tipos de modelos possuem características positivas e negativas que se somam e se sobrepõem, sendo difícil a existência de uma classificação única e específica. Em outras palavras a divisão dos tipos de modelos está muito ligada a linhas de pesquisa e a autores consagrados na área. É muito comum, também, que se construam modelos mistos, onde alguns aspectos mais bem conhecidos, por exemplo, são modelados de uma forma e outros, menos conhecidos, de outra forma, pois é impossível representar qualquer aspecto de qualquer sistema ecológico em todos os detalhes que ele possui.

2.4.1.1. Modelos estáticos e dinâmicos

Sistemas ecológicos estão em constante transformações, mesmo que as mudanças ocorram muito lentamente (Margalef, 1968). Por isso, muitos dos modelos ecológicos procuram representar adequadamente a evolução do sistema com o passar do tempo, sendo denominados modelos dinâmicos. Tais modelos ajudam a identificar características importantes da evolução do comportamento do sistema, como oscilações periódicas, regimes estáveis e transientes.

No entanto, é consideravelmente mais difícil construir um modelo dinâmico, por que eles são mais complexos e requerem maior quantidade de informações, algumas das quais podem ser muito custosas ou até impossíveis de se conseguir. Além disso, se o período de tempo considerado no modelo for pequeno em relação às velocidades das mudanças, provavelmente não teremos ganhos significativos com um modelo dinâmico. Por estes motivos, também são muito utilizados os modelos estáticos, que representam um “comportamento médio” para o sistema em todo um período de interesse e, por isso, são mais simples e rápidos de construir (Jørgensen, 1994). Modelos dinâmicos são, teoricamente, mais adequados para caracterizar e para projetar o comportamento do sistema para diferentes condições, permitindo estabelecer e comparar diferentes cenários e alternativas de ação.

Modelos estáticos se prestam melhor para estudar a estrutura e organização do sistema e estabelecer panoramas globais. Também são utilizados para prever o comportamento dos sistemas, mas talvez de forma menos eficientes, por não poderem considerar efeitos dinâmicos, como tendências, flutuações diárias, sazonalidades, etc. [Jørgensen e Koriyavov, 1990]. Qualquer modelo que represente a evolução de algum aspecto do sistema no tempo será considerado dinâmico, mesmo que alguns aspectos do sistema sejam modelados de forma estática.

2.4.1.2. Modelos estocásticos e determinísticos

Uma característica distintiva dos modelos ecológicos diz respeito à consideração de efeitos aleatórios no modelo. Modelos que procuram representar explicitamente com sua formulação as incertezas, os erros de coleta dos dados e os efeitos do acaso em geral, são denominados modelos estocásticos ou probabilístico, pois normalmente se utilizam de probabilidades e ferramentas estatísticas. Por outro lado, os chamados modelos determinísticos ou deterministas, não consideram efeitos aleatórios diretamente em sua formulação, se valendo apenas de funções e relações da matemática determinística.

Nem todos os autores de modelos determinísticos estão necessariamente, ignorando ou desprezando os efeitos estocásticos dentro do sistema, embora realmente ainda exista um debate epistemológico sobre a aleatoriedade (Patten, 1997). De fato, muitos modelos determinísticos utilizam procedimentos estatísticos para avaliar seus resultados (Jørgensen et al., 1978) e alguns autores até propõem procedimentos de inferência estatística a partir de modelos determinísticos (Raftery et al., 1995).

2.4.1.3. Modelos matemáticos e de simulação

Existem dois tipos principais do modelos, segundo Odum (1988), os analíticos e os de simulação. O modelo analítico é feito geralmente com o uso de matemática relativamente complexa. Seu desenvolvimento utiliza procedimentos matemáticos para chegar a resultados precisos de algumas equações, que descrevem com exatidão os fenômenos estudados. Tais equações idealmente devem ser muito bem conhecidas para que se possa chegar ao seu exato

resultado. Por outro lado estas equações funcionam satisfatoriamente apenas quando representam fenômenos lineares ou quando seu número for reduzido, o que torna este tipo de modelo de pouca utilidade no estudo de ecossistemas completos.

Ecossistemas constantemente envolvem um grande número de componentes com comportamento não linear, exigindo a resolução de muitas equações na sua representação.

O modelo de simulação possui menor exatidão no resultado de suas equações, não sendo capaz de estudar o comportamento do sistema através de soluções matemáticas precisas. Entretanto possibilita a resolução quase simultânea de muitas equações lineares e não lineares. Não é portanto necessário excluir-se importantes componentes do modelo na tentativa de representar o sistema através de um grupo de equações conhecidas (Hall e Day, 1977).

Modelos matemáticos provêm uma representação clara, sistemática e precisa dos elementos e relações mais importantes de um sistema em um certo contexto, facilitando seu entendimento e divulgação. Isso é bastante útil quando lidamos com sistemas ecológicos, que são quase sempre muito complexos, apresentando componentes e intrincadas inter-relações (Iglesias, 1992).

A modelagem matemática força a revisão e a integração de conhecimentos sobre o sistema, normalmente dispersos em fontes de informação. Por isso, modelos matemáticos são particularmente úteis em estudos voltados para síntese do sistema. Este processo também evidencia importantes lacunas e potenciais contradições entre as informações disponíveis sobre o sistema, que devem ser consideradas no direcionamento dos estudos e no manejo dos sistemas ecológicos (Jørgensen, 1994).

2.4.1.4. Modelo fenomenológico e casual

Uma característica importante para a modelagem ecológica é a abordagem usada para definir a representação matemática das relações entre os componentes do modelo. Existe uma imensa variedade de metodologia que podem ser usadas para esta finalidade, mas, por trás delas, existem basicamente duas abordagens (Jørgensen, 1994). A primeira, é a dos modelos fenomenológicos ou de caixa-preta, às vezes também denominados de modelos de regressão

ou funções de transferência. Nestes modelos, cada componente do sistema que deve ser incluído é representado por uma variável, que terá seus valores definidos a partir dos dados. De acordo com o sistema e a problemática estudada, define-se então dois subconjuntos destas variáveis, que podem ter elementos em comum. No conjunto das chamadas variáveis de resposta ou de saída, se inclui todas aquelas que representam componentes cujos comportamentos queremos prever. Já o conjunto das variáveis de entrada inclui todas as variáveis cujos comportamentos já são conhecidos, em função dos dados ou de outras informações. Para construir o modelo, define-se, através de uma metodologia apropriada, uma função ou relação matemática que possa prever os valores das variáveis de saída, a partir dos valores das variáveis de entrada. Modelos fenomenológicos são, geralmente considerados *data-driven* (baseados em dados), por que normalmente os dados encerram a esmagadora maioria da informação de que se dispõe para a modelagem.

A segunda abordagem, é a dos modelos causais, de caixa-branca ou mecanicistas. Nestes modelos, utiliza-se conhecimentos, teóricos e/ou empíricos, sobre as interações entre os diversos componentes do sistema, para representar matematicamente as relações entre as variáveis que os representam no modelo (Jørgensen, 1994). Para obter as respostas do modelo, primeiro se defini os valores daquelas variáveis que não são influenciadas por nenhuma outra, às vezes denominadas funções forçantes, depois se calcula, em cascata, os efeitos destas e das outras variáveis sobre todas as variáveis que elas influenciem, e por fim modifica-se os valores das variáveis influenciadas de acordo com estes cálculos. Estes modelos são freqüentemente considerados *knowledge-driven* (baseados em conhecimentos), por que os conhecimentos teóricos e empíricos sobre o sistema tendem a dominar a formulação do modelo, ao contrário do caso anterior.

Modelos fenomenológicos são preferíveis em situações onde o sistema ecológico e/ou a problemática abordada são pouco conhecidos, tornando a definição das relações entre componentes do modelo muito especulativa. Por outro lado, se o sistema e a problemática são mais bem conhecidos, modelos causais podem ser mais vantajosos, por que fazem maior proveito de outras formas de informação que não estão contidas nos dados. É muito comum, também, que se construam modelos mistos, onde alguns aspectos mais bem conhecidos são modelados de forma mecanicista e outros, menos conhecidos, de forma fenomenológicos, pois é impossível representar qualquer aspecto de qualquer sistema ecológico em todos os detalhes que ele possui.

2.4.2. Uso dos modelos ecológicos

Falar sobre o uso dos modelos ecológicos é uma atribuição de muita pesquisa e de relato de inúmeros trabalhos (Odum, 1988). Para caracterizar alguns pontos, foram pinçados alguns pontos curiosos e importantes sobre a utilização da modelagem na área ambiental.

Qualquer que seja a sua finalidade, um modelo ecológico deve ser usado de maneira cuidadosa e crítica, por que qualquer modelo sempre tem limitações, que aparecem como efeitos colaterais do processo de simplificação. A limitação mais óbvia de um modelo ecológico é que, como estes são normalmente desenvolvidos para abordar alguns aspectos de um sistema, não é recomendável que sejam usados para sistemas e/ou questões diferentes daquelas para as quais foram concebidos (Jørgensen, 1994), salvo em situações muito particulares, como em um estudo piloto para a construção de um outro modelo mais adequado, por exemplo. Estas limitações, entretanto, não tem sido observadas por muitos pesquisadores e profissionais, inadvertidos sobre características básicas dos modelos ecológicos.

Pode-se valer dos modelos ecológicos para projetar o comportamento de um sistema ecológico para diferentes condições, subsidiando a definição de limites de tolerância para atividades humanas que provocam a degradação ambiental (Patten, 1997). Este uso ganha importância à medida que se percebe que é impossível coibir totalmente os processos de degradação na maior parte dos casos, e que os efeitos de uma mesma atividade degradante podem ser muito diferentes em função dos sistemas ecológicos afetados.

Eles também ajudam a testar a validade de medições de campo e de hipóteses levantadas a partir destes dados. Se o modelo discorda do sistema real, o modelo ou o sistema estudado, ou ambos, são pouco conhecidos e devem ser melhor estudados. Nesse sentido a detecção dos erros existentes no modelo auxilia no aumento do conhecimento do sistema, indicando as áreas em que é necessário desenvolver maiores estudos para se preencher lacunas que existam nas informações existentes sobre o sistema estudado (Hall e Day, 1977).

2.4.3. Problemas gerais dos modelos ecológicos

Um problema importante na modelagem ecológica diz respeito às formulações matemáticas usadas na construção do modelo. No processo de modelagem, quase sempre temos que fazer pressupostos, isto é, assumir que o sistema possui determinadas características, para que se possa desenvolver formulações matemáticas adequadas para algum dos processos (Jørgensen, 1994). Frequentemente, pode-se não saber se o sistema ecológico possui estas características ou até mesmo sabe-se que ele não as possui de fato. Mesmo neste último caso, pode-se justificar tais pressupostos ou por suas conseqüências não serem muito relevantes, isto é, o modelo não se comportaria de forma muito diferente sendo o pressuposto verdade ou não, ou pela impossibilidade de se desenvolver uma formulação matemática completa de outra maneira.

Em muitos modelos é necessário a compreensão das variações temporais, entretanto além destas variações, os sistemas ecológicos normalmente também apresentam expressivas variações em termos espaciais, entre indivíduos de uma mesma população, entre diferentes espécies de uma mesma guilda e para outras diversas características (Begon et al., 1992). Não é possível representar toda esta heterogeneidade em um modelo ecológico, devido às limitações de recursos e informações, e ao acréscimo de complexidade que isto representa. Assim, diversas destas características precisam ser representadas por uma formulação matemática que expresse um “comportamento médio”, e dize-se que o modelo é agregado para tais características. Em contraste, dizemos que o modelo é distribuído para aquelas características cuja variação é considerada na formulação matemática (tempo, espaço, espécies, ect.) (Jørgensen, 1994). Costumeiramente, os modelos ecológicos tem formulações mais distribuídas para os aspectos que são mais relevantes para problemática abordada e mais agregadas para os outros. Além disso, modelos para sistemas mais complexos, como os ecossistemas, geralmente requerem formulações mais agregadas, devido a maior necessidade de simplificação, enquanto sistemas mais simples, como uma população em uma área restrita, permitem formulações mais distribuídas, representando melhor a heterogeneidade natural do sistema.

Os problemas mais graves e mais comuns nos modelos ecológicos, entretanto, dizem respeito aos dados disponíveis para o seu desenvolvimento. Boa parte das incertezas e imprecisões de um modelo ecológico vem dos dados utilizados, por que os processos de coleta de dados sobre sistemas ecológicos são muito complicados, trabalhosos e erráticos. Os dados podem ser inadequados para o modelo de três formas. Em primeiro lugar, eles podem ter sido coletados desconsiderando os procedimentos adequados. Dados com este problema,

carregam vieses e incertezas que poderiam ter sido evitados e, provavelmente, não serão bons para qualquer modelo.

Porém, mesmo que os dados sejam coletados de forma adequada, eles podem ser de baixa qualidade para o modelo que se quer fazer, por que a coleta e modelo não foram focados os mesmos aspectos (Jørgensen, 1994). Para evitar este problema, seria importante que os responsáveis pela coleta e pela modelagem pudessem discutir as características e limitações tanto do modelo quanto dos dados, e preferencialmente antes do início das coletas, pois o modelo sempre poderá ser alterado, mas as coletas não. Na maior parte dos casos porém, modelagem é feita após o término das coletas, e os modelos tem que realizar um compromisso entre os dados disponíveis e as questões que se quer abordar, se isso for possível.

Finalmente, mesmo que os dados tenham sido coletados de forma adequada e em sintonia com o modelo que se quer desenvolver, ainda pode ocorrer que o sistema esteja em uma situação muito atípica no momento das coletas, ou que o seu comportamento seja tão complexo e variado que seja mesmo impossível obter dados representativos de todas as situações (Jørgensen, 1994). Nestes casos o modelo será ineficiente, por que as relações que foram representadas nele não serão as mesmas que se apresentarão no futuro do sistema. A única providência que se pode tomar nestes casos é visualizar os dados disponíveis antes de construir o modelo, e avaliar se eles parecem representativos do sistema, com base em conhecimentos teóricos, opiniões de especialistas, literatura especializada, etc.

Os problemas referentes à qualidade dos dados são talvez os piores, por que são duvidosos, mais difíceis de detectar e avaliar e, portanto, mais difíceis também para documentar. O resultado disso é que a qualidade de um modelo depende em grande parte da qualidade dos dados, o que deve ter sido a motivação de uma frase famosa, de autor desconhecido: “um modelo é, no máximo, tão bom quanto os dados nos quais ele foi baseado”.

Em resumo, as dificuldades para a construção de um modelo ecológico são grandes, por que os sistemas ecológicos devem ser construídos com objetivos claros e devem também, considerar o contexto particular do sistema que vai ser modelado (Prasad et al, 1983).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atender os objetivos propostos neste trabalho, foram inicialmente testados dados teóricos, e posteriormente dados reais. Os dados teóricos foram obtidos da literatura e os dados reais foram obtidos do trabalho de Cardoso (2001). Para a utilização dos dados amostrais obtidos por Cardoso (2001) na Lagoa Itapeva foi necessário, em algumas situações, o ajuste e/ou complementação destas informações.

3.1. Dados bibliográficos

Para implementação dos cálculos matriciais a metodologia proposta foi testada, inicialmente, com dados teóricos. Estes dados foram obtidos na literatura e referem-se a fluxos de matéria ou energia que foram estudados e analisados por seus autores. A escolha dos exemplos baseou-se nos seguintes critérios:

- a) número de compartimentos estudados: foram escolhidos fluxogramas com número variado de compartimentos, isto teve como finalidade o teste com matrizes de diferentes tamanhos;
- b) informações sobre o fluxo: foram selecionados textos onde o número de informações sobre os fluxos fosse significativo. Esta informação também foi útil para complementações e/ou ajuste dos modelos experimentais;

- c) tipo de fluxo: foram selecionados fluxos de matéria e energia, dando-se prioridade a fluxos de carbono.

Para cada exemplo foi determinado um código para tornar simples o reconhecimento e a seleção de planilhas. As informações a seguir correspondem aos dados necessários para os preenchimentos das planilhas apresentadas nas Figura 3.1 e 3.2, sendo que para cada modelo está representado um resumo sobre o fluxo, juntamente com o esquema deste fluxo e a tabela com os dados pertinentes aos compartimentos e transferências.

Aos modelos escolhidos foram dados códigos de 5 dígitos, conforme suas características: o primeiro dígito indica se o fluxo é de matéria ou energia (E ou M), o segundo e o terceiro dígitos caracterizam o número de compartimentos estudados (variando de 00 a 99) e os dois últimos dígitos indicam duas letras que lembrem o fluxo em estudo (autor, local, tipologia, etc...).

Ao total foram testados mais de 50 modelos, desde modelos reais até modelos teóricos/didáticos apresentados para caracterizar ecossistemas. Com isto foram testados desde modelos com um número pequeno de compartimento (ecossistemas considerados simples) até fluxos onde a complexidade era significativa, decorrente do número de compartimento (um exemplo disto está no Anexo 2) ou ainda em função da característica do ecossistema.

Os modelos escolhidos foram inicialmente cadastrados em planilhas conforme mostrado nas Figuras 3.1 e 3.2 (exemplo de fluxograma com quatro compartimentos). Este cadastro é útil para caracterizar cada uma das situações que serão estudadas.

Na Figura 3.1 (planilha **informações**), são informadas todas as fontes referenciais as quais o fluxograma está vinculado. Também são caracterizadas nesta planilha as propriedades do fluxo, ou seja, se é um fluxo de energia ou matéria, e qual sua representatividade ecossistêmica. Outro ponto importante no estudo posterior dos resultados é a característica de cada compartimento do ecossistema em estudo e suas formas de armazenamento e fluxo (através das unidades pode-se observar estas informações). A Figura 3.2 (planilha **dados**), por sua vez relaciona os valores apresentados no modelo em estudo, ou seja, as relações de fluxo entre cada compartimento, as entradas e saídas externas a cada compartimento e ainda os valores acumulados de energia ou matéria em cada compartimento.

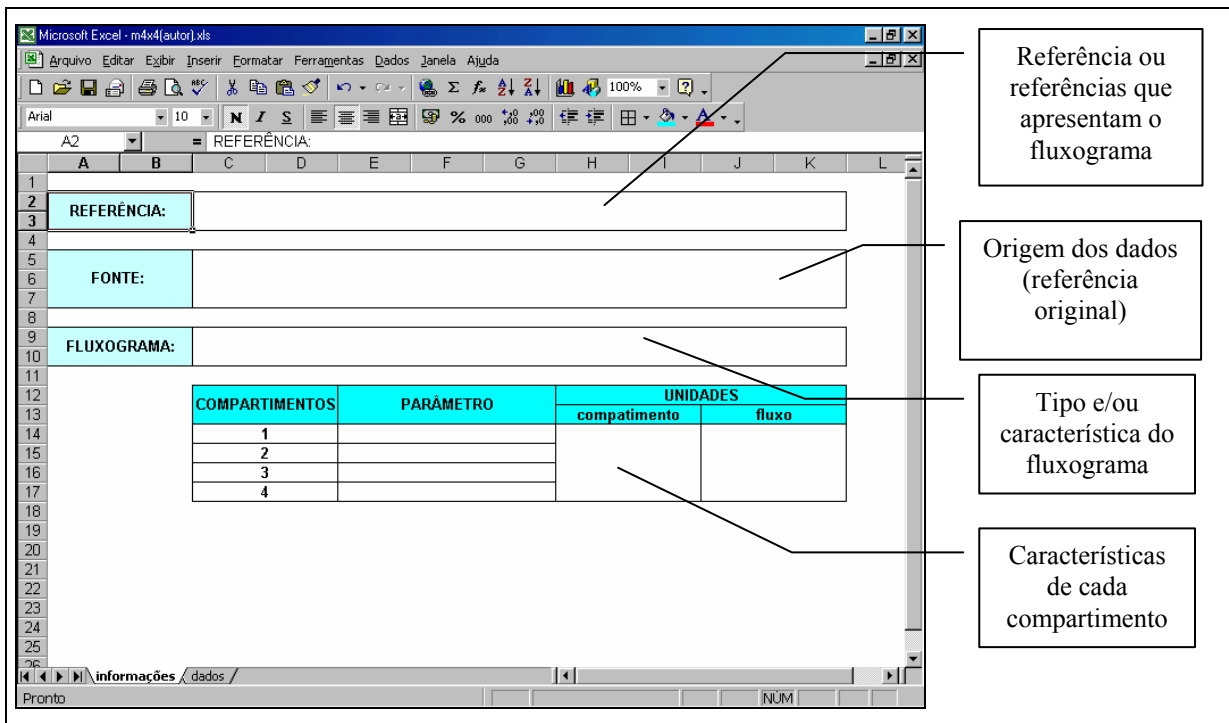


FIGURA 3.1: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para acréscimo das informações pertinentes ao modelo teórico em estudo.

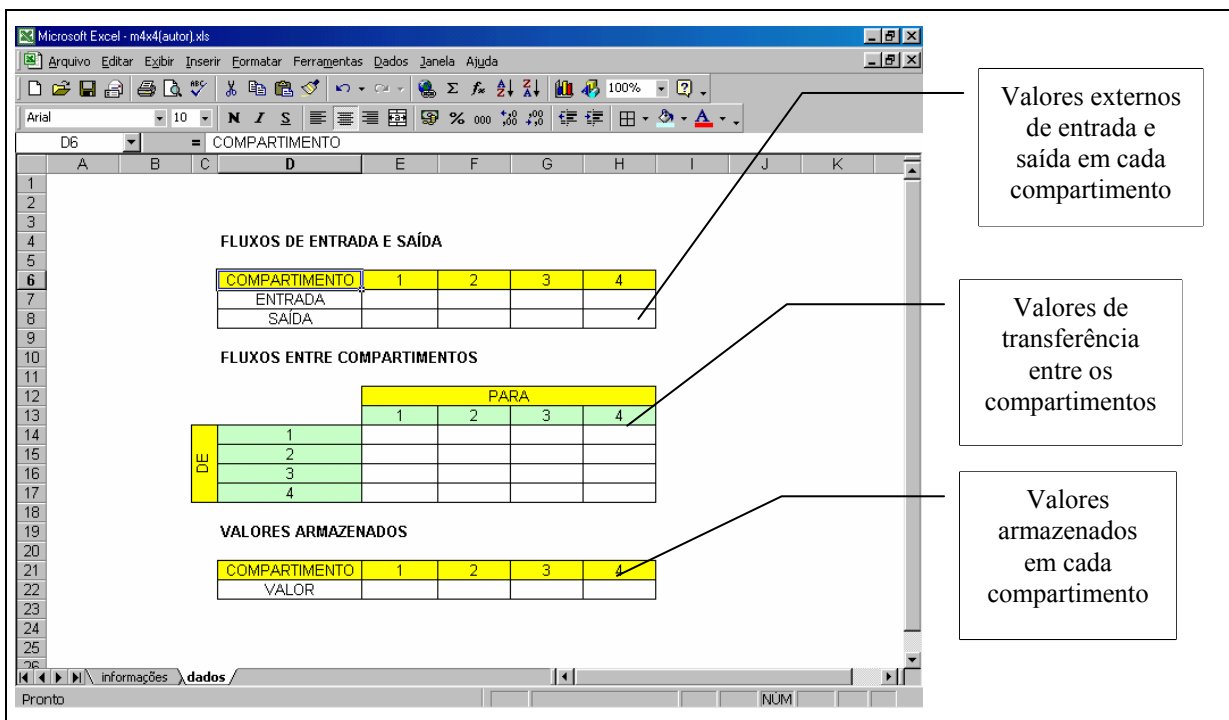


FIGURA 3.2: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para acréscimo dos dados pertinentes ao modelo teórico em estudo.

3.2. Dados experimentais

Os dados que foram utilizados para testar os modelos de *input-output* foram obtidos do trabalho de Cardoso (2001) realizado na Lagoa Itapeva/RS (Figura 3.3) em cinco campanhas (amostragens) sazonais (período de seca, período de cheia e estações intermediárias a estas), entre agosto de 1998 e agosto de 1999. Estes dados foram obtidos em três locais da Lagoa Itapeva (norte, centro e sul), sendo que em cada ponto de amostragem foram analisados os parâmetros apresentados no Anexo 3. Neste anexo, também estão identificados os métodos, equipamentos, unidades e referências utilizadas para caracterizar as diferentes variáveis analisadas, conforme descrição feita por Cardoso (2001).

O delineamento experimental utilizado para obtenção dos dados por Cardoso (2001), obedeceu aos seguintes critérios:

- a) 3 pontos de amostragem alinhados de acordo com o eixo longitudinal e direção predominante de ventos na região (NE-SW), esta localização pode ser observada na Figura 3.4;
- b) 6 dias consecutivos sazonalmente na tomada de variáveis ambientais hídricas (dados do multiprobe YSI) com intervalos curtos de tempo (5 min);
- c) 3 dias alternados (intervalo de 24h) com coleta de dados bióticos a abióticos em 4 turnos diurnos (6h, 10h, 14h e 18h), sendo estes turnos considerados como medidas repetidas de cada dia e os dias como medidas repetidas do ponto, sazonalmente.

Em relação aos parâmetros estudados por Cardoso (2001), estes foram adaptados para atender o modelo de fluxo básico de transferência de carbono apresentado na Figura 3.5. Nesta figura observamos três compartimentos (subsistemas de estudo), divididos em produtores primários (compartimento 1), consumidores primários (compartimento 2) e consumidores secundários (compartimento 3). Cada um destes compartimentos sofre ação externa, tanto fluxos externos para os compartimentos (z_n) como dos compartimentos para o meio externo (y_n), além da entrada de carbono no primeiro compartimento (Z_1) como das saídas referente aos fluxos decorrentes da respiração (r_n). Além da ação externa existem os fluxos intracompartimentais (f_{ij}), que representam as transferências de massa entre os produtores e consumidores.



FIGURA 3.3: Foto Landsat 5 da Lagoa Itapeva de 26 de fevereiro de 1989.

Fonte: Ribeiro (2000)

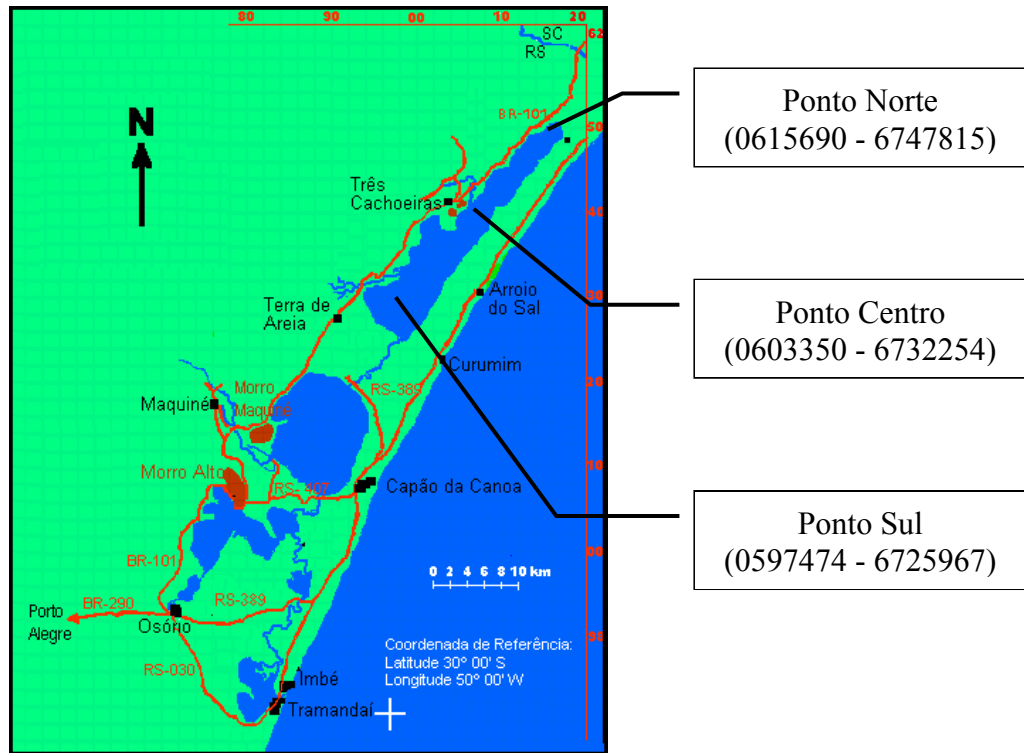


FIGURA 3.4: Localização dos pontos amostrais referentes ao Norte, Centro e Sul na Lagoa Itapeva segundo Cardoso (2001).

Fonte: Adaptado de Ribeiro (2000)

Para cada ponto estudado na Lagoa Itapeva, pode-se montar um fluxograma como o apresentado na Figura 3.5, e conseqüentemente completou-se as planilhas apresentadas nas Figuras 3.1 e 3.2. Entretanto, antes de complementarmos estas planilhas foi necessário a complementação dos fluxos, pois nem todos os parâmetros foram medidos. Para isto utilizou-se o sistema de equações 3.1, onde este conjunto de equações representa o balanço material representado no volume de controle descrito no modelo ao qual se está reproduzindo.

$$\begin{cases} Z_1 + z_1 = y_1 + f_{12} + f_{13} + r_1 \\ f_{12} + z_2 = y_2 + r_2 + f_{23} \\ f_{23} + f_{13} + z_3 = y_3 + Y_3 + r_3 \\ Z_1 + z_1 + z_2 + z_3 = Y_3 + y_1 + y_2 + y_3 + r_1 + r_2 + r_3 \end{cases} \quad (3.1)$$

A equação 3.1, nada mais é que a representação específica do modelo de balanço material geral (Figura 3.6), onde não existe acúmulo de matéria ou seja o somatório dos fluxos de entrada deve ser igual ao somatório dos fluxos de saída (equação 3.2), e também não existem “loops” (fluxos internos em um compartimento).

$$\sum Z = \sum Y = X = 0 \quad (3.2)$$

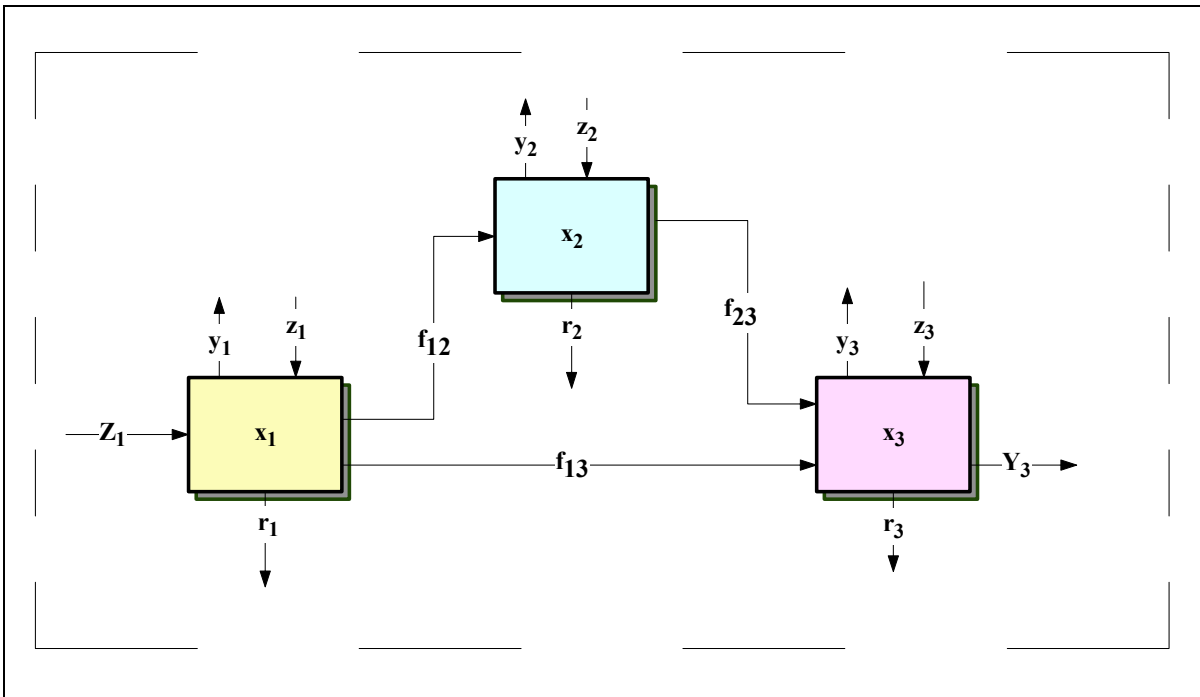


FIGURA 3.5: Relação teórica proposta para a Lagoa Itapeva, conforme dados obtidos e analisados por Cardoso (2001)

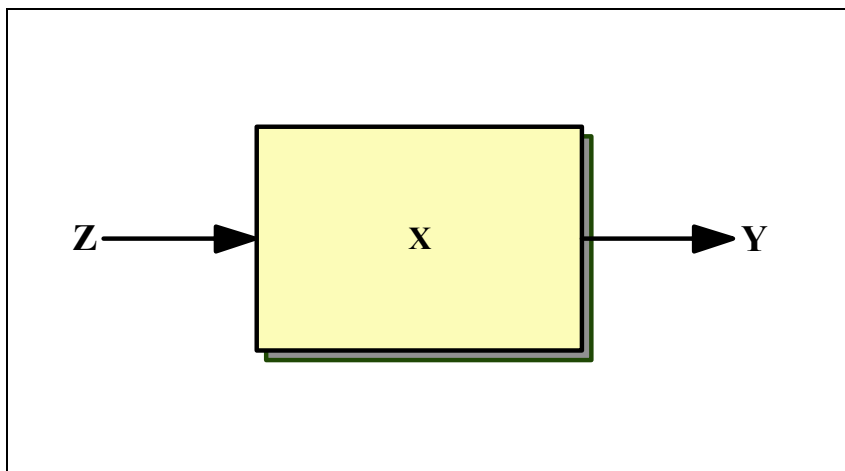


FIGURA 3.6: Esquema geral do balanço de massa onde Z representa o somatório dos fluxos de entrada, Y o somatório dos fluxos de saída e X o termo de acúmulo.

3.2.1. Consolidação dos dados experimentais

Para implementação dos modelos referentes à Lagoa Itapeva, foram necessários ajustes e complementações dos dados determinados por Cardoso (2001). Isto foi necessário devido ao fato de que nem todos os pontos do balanço foram medidos, e alguns foram analisados utilizando-se unidades ou grandezas não adequadas às proposições do modelo.

A seguir estão detalhados todos os parâmetros que foram utilizados do trabalho de Cardoso (2001), como também as técnicas utilizadas para complementação de falhas, ajustes de parâmetros não adequados e alteração de unidades. Outro item que será discutido adiante se refere à seleção dos pontos, pois não foi necessária a utilização dos 432 pontos amostrais obtidos (combinação entre os dados de tempo, profundidade, estação, local e dia de amostragem), e sim um número estatisticamente adequado para calibração e ajuste do modelo.

3.2.1.1. Dados de profundidade e coluna d'água

Os dados referentes a profundidade (nível d'água) na Lagoa Itapeva, foi apresentado por Cardoso (2001) conforma Tabela 3.1. Nota-se que alguns valores (centro na primavera e inverno e sul na primavera) estão faltando, decorrentes de problemas ocorridos no datalogger dos linígrafos durante as referidas campanhas. Para ajustes destes dados foram realizados testes de regressão polinomial, obtendo-se assim as equações com maiores correlações (r) para posteriormente complementar-se os dados.

Em relação aos dados referentes à coluna d'água, não foi necessário nenhum ajuste pois todos os dados estavam relatados e completos. A Tabela 3.2 apresenta estes dados, onde S representa a superfície, M o meio e F o fundo da coluna d'água.

Tanto os dados de profundidade como os dados referentes à coluna d'água serão posteriormente utilizados na determinação dos parâmetros necessários ao preenchimento das informações pertinentes aos fluxos de matéria em cada ponto.

TABELA 3.1: Dados referentes a profundidade (nível d'água) em metros, medidos nas diferentes estações sazonais, nos três pontos amostrais e nos períodos de coleta durante todas as campanhas na Lagoa Itapeva.

		PRIMAVERA	VERÃO	OUTONO	INVERNO
NORTE	6h	1,26	1,00	1,85	1,86
	10h	1,40	1,00	1,90	1,88
	14h	1,38	1,00	1,90	1,90
	18h	1,30	0,92	1,90	1,90
	6h	1,28	0,95	1,79	1,71
	10h	1,35	0,96	1,77	1,71
	14h	1,40	0,86	1,78	1,66
	18h	1,44	0,86	1,76	1,66
	6h	1,30	0,97	1,81	1,64
	10h	1,30	0,93	1,80	1,63
	14h	1,28	0,83	1,72	1,60
	18h	1,28	0,83	1,75	1,64
CENTRO	6h	1,50	1,13	1,62	1,32
	10h	1,52	1,13	1,55	1,32
	14h	1,51	1,12	1,52	1,32
	18h	1,51	1,12	1,57	-
	6h	1,51	1,15	1,56	1,32
	10h	1,51	1,15	1,55	1,32
	14h	-	1,15	1,55	1,32
	18h	-	1,14	1,55	1,34
	6h	1,51	1,07	1,49	1,32
	10h	1,51	1,07	1,49	1,32
	14h	1,51	1,09	1,50	1,32
	18h	1,51	1,10	1,50	1,32
SUL	6h	-	1,18	1,45	1,29
	10h	1,46	1,17	1,44	1,25
	14h	1,47	1,17	1,45	1,20
	18h	1,48	1,21	1,46	1,21
	6h	1,46	1,19	1,47	1,32
	10h	1,44	1,16	1,47	1,32
	14h	1,42	1,20	1,47	1,34
	18h	1,37	1,24	1,46	1,33
	6h	1,42	1,11	1,44	1,33
	10h	1,43	1,13	1,44	1,33
	14h	1,38	1,18	1,46	1,36
	18h	1,42	1,17	1,48	1,37

Fonte: Cardoso (2001)

TABELA 3.2: Dados referentes à coluna d'água (m) em cada ponto amostral (S = superfície, M = meio e F= fundo) da Lagoa Itapeva durante todas as campanhas realizadas.

		PRIMAVERA			VERÃO			OUTONO			INVERNO		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
NORTE	6h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
	10h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
	14h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
	18h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
	6h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,4	0,8	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
	10h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,4	0,8	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
	14h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,4	0,8	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
	18h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,4	0,8	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
	6h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,4	0,8	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
	10h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,4	0,8	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
	14h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,4	0,8	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
	18h	0,0	0,6	1,2	0,0	0,4	0,8	0,0	0,6	1,3	0,0	0,6	1,1
CENTRO	6h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
	10h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
	14h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
	18h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
	6h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
	10h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
	14h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
	18h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
	6h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
	10h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
	14h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
	18h	0,0	0,5	0,9	0,0	0,6	1,1	0,0	0,8	1,5	0,0	0,6	1,2
SUL	6h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7
	10h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7
	14h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7
	18h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7
	6h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7
	10h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7
	14h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7
	18h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7
	6h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7
	10h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7
	14h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7
	18h	0,0	0,8	1,7	0,0	0,7	1,5	0,0	0,9	1,8	0,0	0,8	1,7

Fonte: Cardoso (2001).

3.2.1.2. Determinação do carbono total

Para determinação do carbono livre utilizado nos modelos relativos à Lagoa Itapeva, foi necessário a transformação, ajuste e complementação dos dados apresentados em Cardoso (2001). Para estes cálculos utilizaram-se os dados referentes ao pH, CO₂ dissolvido, alcalinidade e a temperatura de todos os pontos e horários amostrados. Em relação à alcalinidade total os valores referentes às campanhas da primavera e do verão (Dez/98 e Mar/99) não foram obtidos devido a falhas laboratoriais.

Como em todas as quatro campanhas sazonais, os dados do CO₂ dissolvido e do pH são conhecidos e somente em duas (Mai/99 e Ago/99) os dados de alcalinidade são conhecidos, foi necessário, inicialmente, a complementação da tabela de dados. Para isto utilizou-se da metodologia discutida por Lind (1985) onde este coloca que devido ao fato do CO₂ ser perdido durante os processos de manipulação das amostras durante as coletas, diversos métodos indiretos foram utilizados para sua determinação. Estes métodos são baseados nos equilíbrios dos íons carbonatos na água em uma determinada temperatura, o pH, o índice mineral total, e a alcalinidade total. O método mais simples apresentado por Lind (1985), foi proposto por Moore em 1939, e requer somente o conhecimento quantitativo do pH e da alcalinidade total. Logo, foi determinada a alcalinidade total, através da equação 3.3, que é a representação das retas apresentadas no nomograma reproduzido no Anexo 4. A alcalinidade total (Alc_T) é dada em mg CaCO₃.L⁻¹, quando utilizamos a concentração de dióxido de carbono dissolvido ([CO₂]_d) em mg CO₂.L⁻¹ e a variável [H⁺] é obtida diretamente da medida do pH (equação 3.4).

$$\text{Alc}_T = \frac{0,82 \cdot [\text{CO}_2]_d}{1,589 \times 10^6 \cdot [\text{H}^+]} \quad (3.3)$$

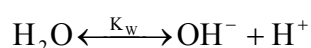
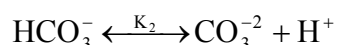
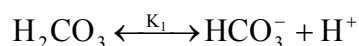
$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad (3.4)$$

Com os dados obtidos através da equação 3.3, e os resultados experimentais obtidos nas campanhas Mai/99 e Ago/99, foi feita uma correlação simples. Sendo que através desta correlação os demais dados calculados (campanhas Dez/98 e Mar/99) foram corrigidos.

Valendo-se dos dados completos e corrigidos, foram determinados os valores do [CO₂]_T (dióxido de carbono total), através da metodologia proposta por Carmouze (1994).

Este cálculo foi necessário visto que nas avaliações das taxas metabólicas de produção e/ou respiração é necessário o conhecimento do carbono inorgânico total e não somente o CO₂ dissolvido, isto porque em qualquer produção ou consumo de CO₂ existe uma retribuição de todas as formas carbonatadas dissolvidas, [CO₃⁻²] + [HCO₃⁻] + [H₂CO₃]. Qualquer aumento ou diminuição de CO₂ provoca uma variação do pH no sentido oposto e, portanto, uma redistribuição das espécies carbonatadas.

Segundo Carmouze (1994), o método mais simples para determinação do [CO₂]_T é derivado do cálculo apresentado anteriormente utilizando-se medidas de pH e alcalinidade. Este cálculo baseia-se no sistema CO₂/H₂O, considerando-se as seguintes espécies químicas: CO₃⁻², HCO₃⁻, H₂CO₃, H⁺ e OH⁻. Em função destas cinco espécies químicas, o sistema CO₂/H₂O é constituído das seguintes reações:



Para compreender este sistema de reações, é necessário conhecer as constantes de equilíbrio (K₁ e K₂) e o produto iônico da água (K_w), que são apresentadas pelas equações 3.5, 3.6 e 3.7, respectivamente.

$$K_1 = [\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]/[\text{H}_2\text{CO}_3] \quad (3.5)$$

$$K_2 = [\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]/[\text{HCO}_3^-] \quad (3.6)$$

$$K_w = [\text{OH}^-][\text{H}^+] \quad (3.7)$$

A partir da variável [H⁺] e da combinação de variáveis (2[CO₃²⁻] + [HCO₃]), que correspondem à alcalinidade dos carbonatos (Alc – ver equação 3.18), calcula-se o CO₂ total, utilizando-se as seguintes equações (3.8, 3.9 e 3.10):

$$[\text{CO}_2]_T = \frac{\text{Alc}}{(\alpha_1 + 2\alpha_2)} \quad (3.8)$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{\left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_1} + \frac{K_2}{[\text{H}^+]}\right)} \quad (3.9)$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{\left(1 + \frac{[\text{H}^+]^2}{K_1 K_2} + \frac{[\text{H}^+]}{K_2}\right)} \quad (3.10)$$

Os valores de Alc são expressos em equivalente-grama de $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$. Os parâmetros α_0 , α_1 e α_2 , representam as frações de ionização do ácido carbônico, sendo que o cálculo destes, é dado pelas equações 3.11, 3.12 e 3.13. O somatório destes parâmetros é igual a 1 (equação 3.14).

$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = \alpha_0 \cdot [\text{CO}_2]_{\text{T}} \quad (3.11)$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \alpha_1 \cdot [\text{CO}_2]_{\text{T}} \quad (3.12)$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \alpha_2 \cdot [\text{CO}_2]_{\text{T}} \quad (3.13)$$

$$\alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2 = 1 \quad (3.14)$$

Como α_0 e α_2 são funções de α_1 e das constantes K_1 e K_2 , as equações 3.9 e 3.10, são decorrentes das equações 3.15, 3.16 e 3.17, sendo esta última uma simplificação das anteriores.

$$\alpha_0 = \left(\frac{[\text{H}^+]}{K_1}\right) \alpha_1 \quad (3.15)$$

$$\alpha_2 = \left(\frac{K_2}{[\text{H}^+]}\right) \alpha_1 \quad (3.16)$$

$$\alpha_0 = \left(\frac{[\text{H}^+]^2}{K_1 K_2}\right) \alpha_2 = \left(\frac{\alpha_1^2}{\alpha_2}\right) \left(\frac{K_2}{K_1}\right) \quad (3.17)$$

O $[\text{CO}_2]_T$ não é um dado comumente disponível, mas é substituível pela alcalinidade dos carbonatos, calculada a partir da medição da alcalinidade total (Carmouze, 1994), ou seja, a equação 3.8 é decorrente da equação básica de alcalinidade total (equação 3.18).

$$\text{Alc} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] = \alpha_1 \cdot [\text{CO}_2]_T + 2 \cdot \alpha_2 \cdot [\text{CO}_2]_T \quad (3.18)$$

Esta equação (equação 3.18) é resultante, inicialmente, da substituição das equações 3.8 e 3.17 na equação 3.14:

$$\left(\frac{\alpha_1^2}{\alpha_2} \right) \left(\frac{K_2}{K_1} \right) + \alpha_1 + \left(\frac{0,5\text{Alc}}{[\text{CO}_2]_T - 0,5\alpha_1} \right) = 1 \quad (3.19)$$

Transformando esta equação (equação 3.19), obtém-se um polinômio de segundo grau (equação 3.20), em função da alcalinidade, CO_2 total e α_1 :

$$\alpha_1^2 - 2\alpha_1 + \left(\frac{4\text{Alc}}{[\text{CO}_2]_T} \right) \left(\frac{1 - \text{Alc}}{[\text{CO}_2]_T} \right) = 0 \quad (3.20)$$

Esta equação é muito útil, quando conhecemos no mínimo duas das variáveis envolvidas no polinômio. Sendo, normalmente, α_1 deduzido desta última equação e α_2 , α_0 e $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ calculados a partir das equações 3.8, 3.14 e 3.11 respectivamente. Entretanto neste estudo não se conhece o valor do $[\text{CO}_2]_T$ e nem os valores de α_1 . Para este último parâmetro existe a alternativa de determinar-se os valores de K_1 e K_2 .

Para determinação dos valores de K_1 e K_2 , utilizou-se as equações 3.21 e 3.22, que foram obtidas através de regressão linear a partir dos dados fornecidos por Stumm e Morgan (1996). Estes dados estão tabelados no Anexo 5 e se referem aos valores da constante de Henry (K_H) e da primeira e segunda constante de dissociação do ácido carbônico (K_1 e K_2) a diferentes temperaturas (T) e a pressão igual a 1 atm.

$$K_1 = 6,128 \times 10^{-9} \cdot T + 2,795 \times 10^{-7} \quad (3.21)$$

$$K_2 = 9,308 \times 10^{-13} \cdot T + 2,334 \times 10^{-11} \quad (3.22)$$

Na realidade, a aplicação destas equações, segundo Carmouze (1994), para as águas naturais é limitada, pois os valores de K_1 e K_2 são funções da composição iônica, tanto quantitativa quanto qualitativa, da água. Na literatura, encontra-se só os valores correspondentes à solução de diluição infinita ou a água do mar. Então, com exceção de águas pouco mineralizadas (concentrações molares menores que 0,01M) e de águas marinhas, estas equações não são utilizáveis diretamente.

Na Lagoa Itapeva, segundo Cardoso (2001), utilizando a metodologia proposta por Tchobanoglous e Schroeder (1987) ficou nítido que em função dos valores de condutividade registrados, a lagoa apresenta uma força iônica (I) estimada de 0,003M, o que caracteriza águas muito diluídas ($I < 0,01M$), e conseqüentemente, desfavoráveis a precipitações de íons dissolvidos na água.

Com isto, nas águas de força iônica maiores que 0,001M e menores que 0,01M (caso em estudo), existem interações iônicas de longo raio de ação, que modificam os valores das constantes de equilíbrio. Segundo Carmouze (1994) para estas águas, que representam uma grande parte das águas continentais, correções são feitas, simplesmente, pela introdução dos coeficientes de atividade f_i , onde o índice “i” indica o elemento em estudo.

Em função disto os valores de K_1 e K_2 devem ser corrigidos para K'_1 e K'_2 , assim as equações 3.5 e 3.6 (K_1 e K_2) são reescritas como 3.23 e 3.24 (K'_1 e K'_2), respectivamente.

$$K'_1 = ([\text{HCO}_3^-]f_{\text{HCO}_3} [\text{H}^+]f_{\text{H}}) / ([\text{H}_2\text{CO}_3]f_{\text{H}_2\text{CO}_3}) \quad (3.23)$$

$$K'_2 = ([\text{CO}_3^{2-}]f_{\text{CO}_3} [\text{H}^+]f_{\text{H}}) / ([\text{HCO}_3^-]f_{\text{HCO}_3}) \quad (3.24)$$

Os valores dos coeficientes de atividade foram calculados utilizando-se a equação 3.25 que é conhecida como equação de Debye-Hünckel. Nesta equação “z” representa o número de cargas elétricas do elemento “i” (número de oxidação do íon), I é a força iônica da solução (representa a intensidade do campo elétrico ou do potencial elétrico da solução devido a presença de íons) e A é uma constante cujo valor depende da natureza do solvente e da temperatura e pode ser calculado pela equação 3.26. Nesta última equação, os parâmetros T e ϵ representam, respectivamente, a temperatura em Kelvin (K) e a constante dielétrica.

$$\log f_i = \frac{-A.z^2.\sqrt{I}}{(1+\sqrt{I})} \quad (3.25)$$

$$A = 1,82 \times 10^6 . (\epsilon T)^{-1,5} \quad (3.26)$$

Nas equações 3.23 e 3.24 aparecem os coeficientes $f_{\text{HCO}_3^-}$, f_{H^+} , $f_{\text{H}_2\text{CO}_3}$ e $f_{\text{CO}_3^{2-}}$, que são calculados especificamente da seguinte forma:

- a) $f_{\text{HCO}_3^-}$: no caso de HCO_3^- , o valor de $z = 1$, logo a equação 3.25 pode ser simplificada (equação 3.27):

$$f_{\text{HCO}_3^-} = 10^{\frac{(-A.\sqrt{I})}{(1+\sqrt{I})}} \quad (3.27)$$

- b) f_{H^+} : este coeficiente não precisa ser calculado no momento que utilizamos os valores de $[\text{H}^+]$ medidos diretamente de um pHmetro, pois os potenciômetros indicam diretamente a relação: $\{\text{H}^+\} = [\text{H}^+].f_{\text{H}^+}$.
- c) $f_{\text{H}_2\text{CO}_3}$: H_2CO_3 não é ionizado, logo, o coeficiente de atividade é considerado igual a 1 (um).
- d) $f_{\text{CO}_3^{2-}}$: para a espécie CO_3^{2-} o número de cargas elétricas (z) é igual a 2, assim o valor do coeficiente é dado pela equação 3.28.

$$f_{\text{CO}_3^{2-}} = 10^{\frac{(-A.4.\sqrt{I})}{(1+\sqrt{I})}} \quad (3.28)$$

Levando em consideração estas informações pode-se relacionar as equações 3.5 e 3.6 com as equações 3.23 e 3.24, de forma a simplificar os cálculos dos valores de K_1' e K_2' . Assim obtemos as equações 3.29 e 3.30, respectivamente.

$$K_1' = K_1 . f_{\text{HCO}_3^-} \quad (3.29)$$

$$K_2' = K_2 . (f_{\text{CO}_3^{2-}} / f_{\text{HCO}_3^-}) \quad (3.30)$$

Então, empregando as equações 3.29 e 3.30, obtêm-se os valores de K_1' e K_2' , que por sua vez nos possibilitam calcular os valores de α_1 e α_2 através das equações 3.9 e 3.10. Com estes valores podemos, nesse caso, calcular o valor do CO_2 total usando a equação 3.8.

Este resultado é expresso em “mol.L⁻¹”, logo para calcularmos a concentração de carbono devemos nos valer dos cálculos estequiométricos básicos, onde o valor de carbono presente no CO_2 , corresponde a aproximadamente 27% da massa.

Entretanto, como o fluxo é expresso em unidade de superfície, ainda foi necessário a conversão dos valores para cada ponto amostral (superfície, meio e fundo), já que os dados obtidos referem-se a uma coluna d'água. A análise de CO_2 , é feita considerando um volume em m³, que equivale a uma área igual a 1 m² multiplicada por z em metros (Carmouze, 1994). Sendo assim se multiplicarmos o valor obtido anteriormente pela profundidade teremos o valor correspondente em mg C.m⁻². Este valor corresponde na realidade a toda a área em estudo (referente à coluna d'água), então devemos fazer uma análise de variação deste valor ao longo da coluna. Para isto existem vários métodos, o mais preciso seria considerar os fluxos de difusão de CO_2 ao longo da coluna e na interface água-atmosfera (baseado na primeira Lei de Fick), entretanto não são conhecidos todos os parâmetros necessários para este tipo de análise.

Para simplificar os cálculos foi utilizado a seguinte metodologia, onde se baseou no fato de que a Lagoa Itapeva apresenta características de um lago oligotrófico (Cardoso, 2001) e, segundo Schäfer (1985) existe uma relação aproximada entre o fluxo de CO_2 ao longo da coluna d'água, onde na superfície encontra-se basicamente a metade do fluxo total que está representado na base (fundo), como se pode ver de forma esquemática na Figura 3.7. Considerando que na superfície a profundidade z é igual a z' (profundidade da Lagoa) e este valor diminui ao longo da profundidade e que o aumento do fluxo ao longo da coluna segue uma regressão linear simples (já que a profundidade é pequena), podemos utilizar a equação 3.31 para determinar o fluxo em cada ponto (superfície, meio e fundo). Foi observado, também que o calculo é feito para um período de 24 horas, então a equação 3.31 já contempla este critério bem como a transformação dos dados em litros para m³. Assim os valores obtidos estão expressos em mg C.m⁻².h⁻¹.

$$C_T' = \frac{-(-z'-z).C_T}{48.000} \quad (3.31)$$

Os valores expressos na equação 3.31 representam o valor total de carbono em volume (C_T), o valor do fluxo de carbono em função da profundidade (C'_T), os valores da profundidade (z – Tabela 3.1) e dos pontos amostrais (z' – Tabela 3.2) em metros.

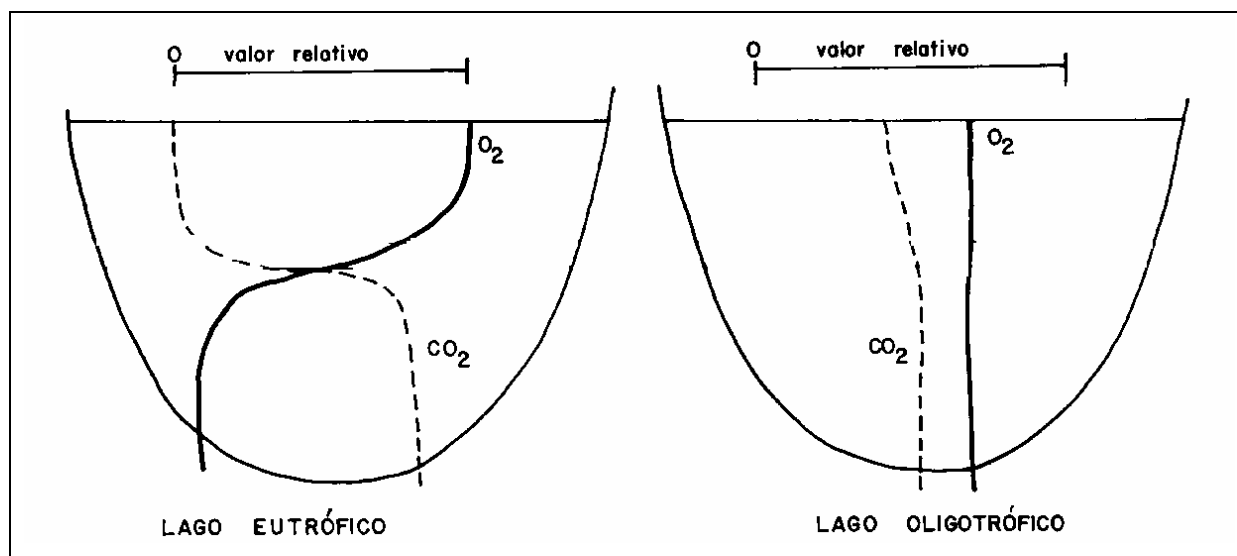


FIGURA 3.7: Gradientes verticais de O_2 e CO_2 em um lago eutrófico e oligotrófico.

Fonte: Schäfer (1985)

3.2.1.3. Dados de respiração

Como os demais dados referentes à Lagoa Itapeva, os valores de respiração foram obtidos de Cardoso (2001). Estes dados por sua vez, foram obtidos através das medidas de OD (oxigênio dissolvido)^{3.1}, conforme metodologia desenvolvida por Gaarder e Gran (1927) *apud* Esteves (1998). Através dos dados obtidos, a respiração foi calculada através da equação 3.32, onde R' , OD_i e OD_{fe} representam em mg de $O_2 \cdot L^{-1}$, a respiração, oxigênio dissolvido inicial e o oxigênio dissolvido em frasco escuro respectivamente.

$$R' = OD_i - OD_{fe} \quad (3.32)$$

Os dados de R' foram então convertidos em R (mg de $C \cdot m^{-3} \cdot h^{-1}$) através da equação 3.33 (APHA, 1992), onde \bar{M}_C e \bar{M}_{O_2} representam os pesos moleculares do carbono e do

^{3.1} Segundo Cardoso (2001) a Lagoa Itapeva, segundo os dados de OD, seria enquadrada na classe 1 (Resolução nº20 do CONAMA) pois se apresentou como um ambiente bastante oxigenado.

oxigênio respectivamente, R a respiração e Φ o fator de conversão decorrente do período de incubação da amostra (3 horas para os experimentos diurnos e 12 horas para os noturnos).

$$R = \frac{\bar{M}_c \cdot 1000}{\bar{M}_{O_2} \cdot \Phi} \cdot R' \quad (3.33)$$

Na Tabela 3.3 estão apresentados os dados discutidos por Cardoso (2001) para a respiração (R), para os três dias de experimentos, nas três profundidades estudadas, nos três pontos de coleta e para as quatro estações. Observa-se que existem falhas na tabela e também que alguns valores de R estão expressos negativamente. Segundo Cardoso (2001), alguns experimentos foram prejudicados em função de que os valores de oxigênio dissolvido dos frascos escuros foram maiores que o inicial, evidenciando falha humana (erro no momento da incubação ou durante a titulação). Os pontos onde não existem resultados, são aqueles em que não houve coleta.

Antes de fazermos a seleção dos pontos para estudo nos modelos matemáticos, foram feitos ajustes e complementações da Tabela 3.3. Estes ajustes visam possibilitar uma melhor escolha dos pontos amostrais, não simplesmente eliminá-los por serem negativos ou não terem sido amostrados.

Inicialmente os dados foram agrupados em 12 subgrupos, ou seja, foram separados pelo ponto amostral e a época do ano. Os subgrupos foram nominados conforme apresentado na Tabela 3.4.

Em relação aos dados agrupados (subgrupos) foram eliminados os pontos negativos e as falhas, e posteriormente avaliada a relação matemática existente entre profundidade (z), tempo (t) e respiração (R). Esta avaliação teve como finalidade complementar os dados retirados dos subgrupos. Para isto utilizou-se do processo de regressão múltipla, pois esta técnica é usada para testar dependências cumulativas de uma única variável dependente (R) em relação a diversas variáveis independentes (variações de z e t). Cada variável é isolada e mantida constante enquanto as variáveis restantes variam sistematicamente, sendo observados os seus efeitos sobre a variável dependente. A variável a ser inicialmente mantida constante é aquela que ocasiona a maior influência na variabilidade da variável dependente.

TABELA 3.3: Descrição das taxas de respiração (R) em $\text{mg C.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto e campanha sazonal.

		PRIMAVERA			VERÃO			OUTONO			INVERNO		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
NORTE	6h	29,98	-10,27	33,35	374,33	176,04	-97,73	105,73	462,93	130,05	6,63	183,30	-215,63
	10h	-1079,55	-1505,98	-1508,56	40,89	93,89	77,30	73,95	163,50	217,87	-56,53	8,21	5,04
	14h	52,28	37,67	47,02	-5,73	-61,57	0,55	-127,86	-69,01	176,47	70,53	-66,96	-8,78
	18h	29,56	32,55	32,58	-5,75	13,92	9,43	21,05	-6,34	22,25	5,78	5,56	-56,01
	6h	-	-	-	-234,52	188,90	98,98	95,12	148,45	434,70	65,67	8,08	9,18
	10h	-	-	-	129,40	94,16	79,95	108,89	192,78	-0,94	23,89	-40,41	13,39
	14h	74,68	14,96	-70,35	-105,89	25,75	33,46	96,80	67,21	60,05	60,45	193,53	93,10
	18h	0,82	20,22	0,57	0,33	7,71	65,69	8,69	4,66	57,73	1,05	29,92	1,09
	6h	69,76	221,97	-200,21	99,10	54,06	212,28	121,83	29,34	53,82	95,53	23,87	24,34
	10h	157,68	263,71	261,81	-194,65	-134,59	-1134,49	10,70	15,19	-16,31	26,66	8,68	31,24
	14h	60,95	102,44	-60,45	11,43	7,85	59,01	10,70	15,19	-16,31	26,66	8,68	31,24
	18h	45,36	20,56	38,07	77,90	-0,50	10,55	16,88	4,53	17,00	24,20	16,64	-19,73
CENTRO	6h	97,45	119,62	82,82	80,97	172,76	224,37	78,45	58,59	138,82	-42,83	38,05	140,88
	10h	-611,33	-63,26	-542,62	-16,37	21,89	86,68	108,42	44,47	15,88	58,11	-33,52	68,78
	14h	-18,84	8,58	82,56	128,57	98,50	387,08	81,64	-98,89	50,98	-	-	-
	18h	48,78	14,76	-4,92	-3,70	19,82	0,48	-12,25	16,23	20,15	-	-	-
	6h	98,68	233,11	72,89	198,33	128,04	124,39	-35,19	151,26	2,37	50,34	15,10	25,14
	10h	153,38	101,84	109,81	88,68	21,39	13,84	11,25	-31,90	34,21	55,97	28,22	3,57
	14h	-	-	-	-43,48	28,04	67,34	-103,14	13,20	-70,17	59,21	132,82	83,66
	18h	-	-	-	25,81	-25,79	12,96	14,98	8,37	14,33	-22,88	19,70	-17,09
	6h	41,19	73,09	73,54	-30,87	-77,02	-139,81	284,71	52,98	53,72	-23,65	7,51	14,04
	10h	163,55	30,38	42,50	-228,12	215,93	109,53	18,72	25,07	27,67	18,64	-54,24	-151,33
	14h	89,71	94,15	57,55	-5,63	-0,67	-16,09	18,72	25,07	27,67	18,64	-54,24	-151,33
	18h	34,66	-43,75	45,69	-273,46	-12,10	10,00	11,32	7,65	23,72	23,41	2,52	7,97
SUL	6h	1078,08	1078,90	1176,19	-81,31	-72,46	-73,57	-116,57	3,18	73,61	-34,04	1,10	67,26
	10h	67,80	28,11	43,22	16,67	5,04	71,03	29,49	20,41	104,74	-32,30	25,94	13,76
	14h	-21,76	-12,52	118,91	-22,14	3,56	99,53	160,33	157,40	54,00	21,19	65,25	109,59
	18h	17,43	7,10	41,24	-37,50	-40,36	-5,45	17,97	8,13	-19,64	16,09	7,19	0,74
	6h	102,90	162,68	-101,81	-81,37	25,36	46,66	-103,94	203,63	130,64	-70,56	-37,58	42,86
	10h	-8,04	19,33	101,78	54,74	22,47	174,44	14,22	54,41	77,14	14,38	1,66	27,41
	14h	50,72	-73,19	115,42	24,98	-1,52	279,13	-31,49	34,35	-151,83	0,17	96,64	14,27
	18h	24,59	64,26	32,56	8,21	-24,20	37,39	-22,51	14,46	41,66	12,46	5,27	24,92
	6h	2,18	-19,53	215,69	-219,69	85,70	-331,30	79,50	244,01	226,80	-128,04	6,77	-5,29
	10h	-22,41	50,27	38,62	19,33	16,04	-63,60	50,79	20,32	109,28	21,15	-11,79	22,10
	14h	10,31	16,26	-56,22	27,69	25,44	32,88	50,79	20,32	109,28	21,15	-11,79	22,10
	18h	55,89	2,52	30,26	11,50	1,33	14,02	9,01	-11,64	30,59	0,48	5,09	26,19

Fonte: Cardoso (2001)

TABELA 3.4: Nomenclatura utilizada para designar cada subgrupo de estudo para ajuste da taxa de respiração nos pontos apresentados por Cardoso (2001) referentes à Lagoa Itapeva

Sigla	Estação - Ponto amostral
PN	Primavera - Norte
PC	Primavera – Centro
PS	Primavera – Sul
VN	Verão – Norte
VC	Verão – Centro
VS	Verão – Sul
ON	Outono – Norte
OC	Outono – Centro
OS	Outono – Sul
IN	Inverno – Norte
IC	Inverno – Centro
IS	Inverno - Sul

Com a escolha da forma funcional (equação 3.34) é necessário definir o quadro de variáveis, dependentes e independentes, para que a análise de regressão pudesse ser executada. Como citado, a respiração será considerada a variável dependente (Y) e variações entre os parâmetros tempo e profundidade serão as variáveis independentes (X).

$$Y = a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + \dots + a_n \cdot X_n + b \quad (3.34)$$

Como os parâmetros t e z , não apresentam uma linearidade nem boas correlações (na maioria dos casos) com a respiração (Cardoso, 2001), utilizou-se inicialmente o método *Stepwise Multiple Regression* (Regressão Múltipla “passo a passo” ou simplesmente SWMR), para definir composições matemáticas utilizando as variáveis “tempo” e “profundidade”. Este método consiste, então, em elaborar um modelo que possa explicar a maior parte possível da variância de R , isto é, diminuir ao máximo o erro da estimativa. O método SWMR, é o mais recomendado para quando se necessita estimar a estrutura das variáveis (Kot, 2001 e Valentin, 2000). Inicialmente foram propostas as inúmeras possibilidades de apresentação das variáveis “ t ” e “ z ” que poderiam ocorrer (o tempo foi determinado considerando o ponto correspondente a 6 horas do primeiro dia como sendo zero e os demais pontos correspondendo a sua continuidade temporal). Escolheu-se aleatoriamente as seguintes

apresentações: $t, t^2, t^3, t^4, t^5, t^6, z, z^2, z^3, z^4, z^5, z^6, tz, t^2z, z^2t, \text{sen}(t), \text{sen}(z), \text{sen}(tz), e^t, e^z, e^{tz}, t^2z^2, z\text{sen}(t), t\text{sen}(z), tz^2, t^2z, t^3z^2, t^2z^3, t^2\text{sen}(t)$ e $z^2\text{sen}(z)$. Não foi proposta nenhuma estrutura matemática com logaritmos e valores inversos, devido ao fato de ter-se dados iguais a zero (tempo e/ou profundidade), o que tornaria inconsistente a metodologia apresentada. Nos casos em que os valores de correlação eram muito baixos, foram testadas outras variações dos parâmetros, mantendo a mesma raiz matemática, como por exemplo: $(\text{sen}(z))^2, (\text{sen}(z))^6, \dots$

Com os dados já tabelados, monta-se uma matriz de correlação, ou seja, correlaciona-se os parâmetros apresentados (um a um) com a respiração. Numa etapa preliminar, a fim de simplificar os cálculos, seleciona-se as variáveis, cuja correlação com R é significativa, isto é, r é superior ou igual ao valor da tabela de r para os n-2 graus de liberdade da amostra (Snedecor, 1966). Com isto se reduz a matriz inicial, e começa assim o cálculo da regressão, calculando-se os coeficiente de correlação parcial entre R e as outras variáveis, mantendo constante a variável que apresentou maior correção (equação 3.35).

$$r_{1,2,3} = \frac{r_{1,2} - (r_{1,3} \cdot r_{2,3})}{\sqrt{(1 - r_{1,3}^2)(1 - r_{2,3}^2)}} \quad (3.35)$$

Nesta equação, $r_{1,2,3}$ é o coeficiente de correlação parcial entre as variáveis X_1 e X_2 , mantendo X_3 constante. A significância destes coeficientes é testada a partir da tabela de r para n-3 graus de liberdade. Testado os novos coeficientes, antes de introduzirmos a próxima variável, deve-se testar o coeficiente de correlação parcial da primeira variável testada para verificar se com a incorporação desta segunda variável, ele continua significativo. Caso isto ocorra, procede-se desta forma até a última variável ser testada.

Depois de testado todos os coeficientes, para as variáveis selecionadas, os coeficientes de regressão (a_n) do modelo padronizado são calculados com base nos coeficientes de correlação linear da matriz inicial. Aplicando-se a regra de Cramer ao novo sistema matricial obtivemos os coeficiente para cada subgrupo em estudo. Como o modelo SWMR é padronizado, o coeficiente b é considerado zero ($b = 0$), pois foi baseado em dados centrados e reduzidos, já que foram utilizados os coeficientes de correlação para o cálculo de a_n .

Finalmente, calculamos o coeficiente de determinação múltipla r^2 pela equação matricial 3.36, e conseqüentemente o coeficiente de correlação múltipla r, extraído da raiz quadrada de r^2 . $[r_{1,xy\dots z}]$ e $[a_{xy\dots z,1}]$, representam a matriz de correlação entre as variáveis

independentes e a matriz-coluna dos coeficientes de regressão padronizados (a_n) determinados anteriormente.

$$r^2 = [r_{1,xy\dots z}] \cdot [a_{xy\dots z,1}] \quad (3.36)$$

De posse das composições entre as variáveis “t” e “z” utilizou-se a análise de regressão múltipla disponível na planilha Excel (Microsoft® Excel 2000 - versão 9.0.2812). Esta ferramenta é de fácil utilização e aconselhado para ajustar curvas ou equações de múltiplas variáveis. Esta análise é feita com a função estatística PROJ.LIN, que aceita até 16 variáveis independentes, reconhecendo automaticamente os dados em uma planilha, a partir do formato da variável dependente (Y). A planilha resultante desta análise fornece, além dos coeficiente a_n e b (equação 3.34), os dados referentes ao coeficiente de correção, os desvios padrões de cada coeficiente, e dados referentes a F que poderá ser utilizado para análise da significância de regressão.

Após terem sido adquiridas as equações para cada subgrupo, os dados da Tabela 3.3 foram completados (falhas) ou substituídos (valores negativos). Para melhor visualização dos resultados obtidos, os dados foram plotados antes e após a aquisição de novos valores usando o programa Surfer (versão 6.01), que possibilita uma visualização tridimensional do comportamento entre as variáveis estudadas.

Da mesma maneira que para o cálculo do carbono total, os fluxos referentes às taxas de respiração tiveram que ser corrigidos de volume para área. Para isto utilizou-se o valor da profundidade em estudo, ou seja, cada valor foi multiplicado pela profundidade correspondente a coluna a qual foi analisado.

3.2.1.4. Dados de produtividade

Os dados de produtividade primária líquida (PPL) e bruta (PPB), segundo Cardoso (2001), foram obtidos a partir da metodologia proposta por Gaarder e Gran (1927), a mesma utilizada na determinação da respiração. Nesta metodologia os dados são obtidos através das relações entre as determinações de oxigênio dissolvido (inicial, frasco claro e frasco escuro). Isto pode ser feito pelo fato de que a produtividade primária de um sistema ecológico, de uma

comunidade ou de qualquer parte deles, segundo Odum (1988) é definida como a taxa na qual a energia radiante é convertida, pela atividade fotossintética e quimiossintética de organismos produtores, em substâncias orgânicas.

No item anterior, os valores de respiração incoerentes, ou seja quando OD_{fe} for maior que o OD_i , pode-se facilmente corrigir os valores de PPB, já que esta é a soma entre PPL e R (equação 3.37).

$$PPB = PPL + R \quad (3.37)$$

As Tabelas 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8 apresentam, respectivamente os valores apresentados por Cardoso (2001) para as campanhas da primavera, verão, outono e inverno. Nestas tabelas, os valores em negrito são os que necessitam ser recalculados, decorrente das alterações nos valores de respiração (item 3.2.3).

Conforme definido também por Odum (1988), a PPB representa a taxa global de fotossíntese, incluindo a matéria orgânica na respiração durante o período de medição e a PPL representa a taxa de armazenamento de matéria orgânica nos tecidos vegetais, em excesso relativamente ao uso respiratório pelas plantas durante o período de medição. A equação 3.37 é resultado então, da fixação dos dados de OD_i , em função do relatado por Cardoso (2001), onde os problemas no cálculo de respiração deveram-se às análises referentes aos frascos escuros. Assim, fixando o OD_i e utilizando-se do novo valor de respiração, pode-se calcular o valor de OD_{fe} (equação 3.32). Como a produtividade primária líquida independe deste valor (OD_{fe}) e sim dos valores de OD_i e OD_{fc} (equação 3.38), e o cálculo de PPB depende de OD_{fe} e OD_{fc} (equação 3.39), pode-se então relacionar estas equações (3.32, 3.38 e 3.39) e obter-se a equação 3.37.

Os termos PPB' e PPL' (equações 3.38 e 3.39), representam a produtividade primaria em $mg\ O_2.L^{-1}$, e devem ser convertidos em $mg\ C.L^{-1}$ antes de ser utilizados na equação 3.37.

$$PPL' = OD_{fc} - OD_i \quad (3.38)$$

$$PPB' = OD_{fc} - OD_{fe} \quad (3.39)$$

Para complementação das falhas nas tabelas (3.35 a 3.38), foi utilizado a mesma metodologia apresentada também no item anterior, onde se utilizou inicialmente a técnica SWMR para definir composições matemáticas e posteriormente utilizou-se a análise de regressão múltipla disponível na planilha Excel (Microsoft® Excel 2000 - versão 9.0.2812).

TABELA 3.5: Tabela com os valores de PPB e PPL, referente à campanha da primavera na Lagoa Itapeva, para os três dias de amostragem e nas três profundidades estudadas (mg C.L⁻¹).

		PONTO NORTE			PONTO CENTRO			PONTO SUL		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F
6h	PPL	51,14	11,35	-5,90	-88,50	-61,16	-55,76	-1078,08	-1078,90	-1176,19
	PPB	81,12	1,08	27,46	8,94	58,46	27,06	0,00	0,00	0,00
10h	PPL	935,57	1760,39	1483,18	616,05	360,65	565,46	143,44	109,85	60,48
	PPB	-143,98	254,41	-25,37	4,72	297,39	22,84	211,24	137,96	103,70
14h	PPL	30,96	7,50	-47,14	51,51	63,64	-12,94	110,45	81,20	-42,56
	PPB	83,24	45,17	-0,12	32,67	72,22	69,62	88,69	68,68	76,35
18h	PPL	-8,67	-23,66	-20,42	-25,65	0,29	-3,86	-16,85	-6,28	-36,81
	PPB	20,89	8,89	12,16	23,13	15,05	-8,79	0,58	0,83	4,43
6h	PPL	-	-	-	-53,10	-116,88	-44,28	39,57	-74,01	193,96
	PPB	-	-	-	45,58	116,23	28,61	142,47	88,67	92,15
10h	PPL	-	-	-	-28,03	14,54	-28,24	106,17	5,87	-47,73
	PPB	-	-	-	125,35	116,38	81,57	98,13	25,20	54,05
14h	PPL	2,79	68,87	72,78	-	-	-	-21,92	177,60	-21,27
	PPB	77,46	83,83	2,43	-	-	-	28,80	104,41	94,15
18h	PPL	11,73	-1,42	1,89	-	-	-	-13,32	-21,09	-6,21
	PPB	12,55	18,81	2,47	-	-	-	11,27	43,17	26,35
6h	PPL	64,40	-128,12	-33,49	75,94	-76,97	-49,10	95,14	53,87	-145,09
	PPB	134,16	93,85	-233,70	117,13	-3,88	24,44	97,32	34,34	70,60
10h	PPL	60,27	-187,63	-149,68	-66,92	13,25	-5,35	93,72	11,91	-26,85
	PPB	217,96	76,09	112,13	96,64	43,63	37,15	71,31	62,18	11,77
14h	PPL	126,79	-25,76	37,26	-80,49	-39,75	-50,80	78,96	40,80	59,91
	PPB	187,75	76,68	-23,19	9,22	54,41	6,75	89,27	57,06	3,69
18h	PPL	-10,34	-44,34	-34,48	-32,03	-9,90	-26,71	-48,40	-1,85	-16,37
	PPB	35,02	-23,77	3,59	2,63	-53,65	18,99	7,49	0,67	13,90

Fonte: Cardoso (2001)

TABELA 3.6: Tabela com os valores de PPB e PPL, referente à campanha do verão na Lagoa Itapeva, para os três dias de amostragem e nas três profundidades estudadas (mg C.L⁻¹).

		PONTO NORTE			PONTO CENTRO			PONTO SUL		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F
6h	PPL	-369,44	-134,00	92,52	8,14	-156,13	-223,30	99,20	42,00	-24,33
	PPB	4,90	42,04	-5,22	89,11	16,63	1,07	17,89	-30,46	-97,89
10h	PPL	53,95	31,76	-74,29	133,21	128,18	-30,41	178,58	8,81	-22,48
	PPB	94,84	125,65	3,01	116,84	150,06	56,27	195,25	13,85	48,55
14h	PPL	76,54	69,35	-18,55	-88,92	-53,34	-386,84	26,21	18,81	-64,96
	PPB	70,80	7,78	-18,00	39,65	45,17	0,24	4,08	22,38	34,57
18h	PPL	-10,02	-11,01	-5,49	5,05	-18,27	3,29	18,64	13,77	12,15
	PPB	-15,77	2,90	3,94	1,35	1,55	3,77	-18,87	-26,58	6,70
6h	PPL	149,58	-28,29	-41,19	-183,41	-65,91	-71,04	110,29	109,95	-39,02
	PPB	-84,94	160,61	57,79	14,92	62,13	53,35	28,92	135,32	7,64
10h	PPL	-34,44	25,77	-7,24	39,08	16,42	10,83	65,64	-14,27	-165,00
	PPB	94,96	119,93	72,71	127,76	37,81	24,66	120,37	8,21	9,44
14h	PPL	172,17	21,16	2,88	33,66	13,63	-62,07	5,51	-22,76	-135,68
	PPB	66,28	46,91	36,34	-9,82	41,67	5,27	30,49	-24,28	143,45
18h	PPL	2,70	-3,17	-37,15	-17,11	24,38	-4,31	-0,76	-1,24	-33,95
	PPB	3,03	4,54	28,53	8,70	-1,41	8,65	7,45	-25,43	3,44
6h	PPL	61,44	16,72	-127,62	68,65	61,00	178,16	237,75	85,63	20,14
	PPB	160,53	70,78	84,66	37,78	-16,02	38,36	18,06	171,33	-311,16
10h	PPL	166,74	150,70	1158,00	137,05	-210,26	-47,04	102,49	59,09	161,87
	PPB	-27,92	16,11	23,51	-91,07	5,67	62,49	121,82	75,13	98,26
14h	PPL	133,38	2,31	-3,82	-32,82	37,02	92,87	16,56	6,56	-24,13
	PPB	144,81	10,16	55,19	-38,45	36,35	76,78	44,25	32,00	8,75
18h	PPL	-26,88	-0,40	-1,17	291,23	19,40	7,13	-10,90	2,10	-12,60
	PPB	51,02	-0,90	9,38	17,77	7,29	17,14	0,59	3,43	1,42

Fonte: Cardoso (2001)

TABELA 3.7: Tabela com os valores de PPB e PPL, referente à campanha do outono na Lagoa Itapeva, para os três dias de amostragem e nas três profundidades estudadas (mg C.L⁻¹).

		PONTO NORTE			PONTO CENTRO			PONTO SUL		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F
6h	PPL	2,94	-222,77	-74,75	-4,32	-16,49	-31,61	60,32	-17,99	-15,05
	PPB	108,67	240,16	55,30	74,13	42,10	107,21	-56,25	-14,81	58,56
10h	PPL	-64,89	-146,02	-164,69	77,32	-56,42	-15,88	-30,55	145,14	-96,26
	PPB	9,05	17,48	53,18	185,74	-11,95	0,00	-1,05	165,55	8,49
14h	PPL	30,15	-29,67	-84,03	-26,26	35,03	5,12	93,00	-88,40	-57,26
	PPB	-97,71	-98,68	92,44	55,37	-63,87	56,10	253,33	68,99	-3,26
18h	PPL	-17,91	-26,14	-2,67	12,64	-8,21	-1,08	-12,82	0,11	23,93
	PPB	3,14	-32,48	19,58	0,40	8,02	19,06	5,15	8,23	4,29
6h	PPL	-35,74	172,12	-173,32	126,81	67,02	9,56	112,71	-153,15	-43,10
	PPB	59,38	320,56	261,38	91,61	218,28	11,93	8,77	50,48	87,55
10h	PPL	7,00	-186,40	-102,82	54,01	40,48	-35,33	38,97	0,68	-54,82
	PPB	115,89	6,37	-103,76	65,26	8,58	-1,12	53,19	55,09	22,33
14h	PPL	-30,59	-66,68	-33,14	135,77	35,89	89,06	62,01	-30,93	-27,59
	PPB	66,20	0,53	26,91	32,63	49,09	18,89	30,52	3,42	-179,42
18h	PPL	-9,87	1,26	-29,91	-3,53	2,82	-8,35	-41,72	-1,39	-28,07
	PPB	-1,18	5,92	27,82	11,46	11,20	5,98	-64,23	13,07	13,59
6h	PPL	-106,10	-28,46	28,08	-64,59	-14,83	-23,15	30,51	23,09	-19,63
	PPB	15,73	0,88	81,91	220,12	38,15	30,57	110,01	267,11	207,17
10h	PPL	50,81	-4,55	26,84	10,22	-16,33	-18,56	5,31	-5,76	-55,96
	PPB	61,50	10,64	10,53	28,94	8,74	9,11	56,09	14,56	53,33
14h	PPL	50,81	-4,55	26,84	10,22	-16,33	-18,56	5,31	-5,76	-55,96
	PPB	61,50	10,64	10,53	28,94	8,74	9,11	56,09	14,56	53,33
18h	PPL	4,60	24,45	0,28	4,83	-7,66	-4,91	-2,75	20,41	-0,19
	PPB	21,48	28,98	17,28	16,15	-0,01	18,81	6,26	8,76	30,40

Fonte: Cardoso (2001)

TABELA 3.8: Tabela com os valores de PPB e PPL, referente à campanha do inverno na Lagoa Itapeva, para os três dias de amostragem e nas três profundidades estudadas (mg C.L⁻¹).

		PONTO NORTE			PONTO CENTRO			PONTO SUL		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F
6h	PPL	64,57	-119,06	-12,00	56,81	-50,76	-90,64	107,38	51,38	-57,45
	PPB	71,21	64,23	-227,62	13,98	-12,71	50,24	73,35	52,47	9,81
10h	PPL	103,57	-2,06	-13,76	27,56	88,17	-4,26	96,93	30,26	-10,71
	PPB	47,03	6,16	-8,72	85,67	54,66	64,52	64,63	56,20	3,06
14h	PPL	-58,88	-15,38	-1,61	-	-	-	-54,72	-39,32	-89,67
	PPB	11,65	-82,34	-10,40	-	-	-	-33,53	25,93	19,92
18h	PPL	-2,59	-9,75	-4,87	-	-	-	-9,09	-7,12	-1,58
	PPB	3,19	-4,19	-60,88	-	-	-	7,00	0,08	-0,84
6h	PPL	-51,98	27,99	-2,81	-47,28	23,17	5,51	111,74	73,85	-24,40
	PPB	13,69	36,07	6,37	3,06	38,27	30,64	41,18	36,27	18,46
10h	PPL	87,04	138,98	35,29	99,23	-25,38	36,48	30,16	26,84	-3,33
	PPB	110,94	98,57	48,67	155,19	2,84	40,05	44,54	28,50	24,08
14h	PPL	-38,64	-148,43	-35,18	33,96	-101,76	-15,79	39,49	-92,85	-15,62
	PPB	21,81	45,10	57,92	93,16	31,06	67,87	39,66	3,79	-1,35
18h	PPL	-4,87	-54,30	-9,70	20,65	-19,55	10,00	-6,85	-9,06	-10,88
	PPB	-3,82	-24,38	-8,61	-2,22	0,14	-7,09	5,61	-3,79	14,04
6h	PPL	45,68	33,92	-	91,43	47,32	-8,19	74,48	40,59	36,72
	PPB	141,21	57,79	-	67,78	54,82	5,86	-53,56	47,36	31,43
10h	PPL	52,74	7,63	-13,63	-5,06	50,73	139,56	18,30	55,86	6,91
	PPB	79,40	16,31	17,62	13,58	-3,52	-11,77	39,45	44,07	29,01
14h	PPL	52,74	7,63	-13,63	-5,06	50,73	139,56	18,30	55,86	6,91
	PPB	79,40	16,31	17,62	13,58	-3,52	-11,77	39,45	44,07	29,01
18h	PPL	-23,89	-7,32	36,16	-8,13	-2,84	-5,12	-6,66	-7,73	-1,46
	PPB	0,31	9,32	16,44	15,28	-0,32	2,85	-6,17	-2,64	24,73

Fonte: Cardoso (2001)

A metodologia empregada no item respiração foi o de subdividir todos os dados em subgrupos, neste caso também foi feito, porém o número de subgrupos foi menor pois como visto nas Tabelas 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8, somente os dados referentes às campanhas da primavera (Tabela 3.5) no ponto norte e centro e também na campanha do inverno (Tabela 3.8) nos

Após terem sido adquiridas as equações para cada subgrupo, as falhas das Tabelas 3.5 e 3.8 foram completadas. Com isto, após ter-se corrigido os dados de PPL através da equação 3.39 e o preenchimento das falhas, os dados foram plotados (antes e após a correção), usando o programa Surfer (versão 6.01), que possibilitou uma visualização tridimensional do comportamento entre as variáveis estudadas.

Da mesma forma que nos cálculos anteriores, os valores referentes à produtividade primária bruta e líquida (PPB e PPL) seus valores corrigidos quanto à referência passando de volume para área. Para isto se utilizou o valor da profundidade em estudo, ou seja, cada valor foi multiplicado pela profundidade correspondente a coluna a qual foi analisado.

3.2.1.5. Dados de fitoplâncton e zooplâncton

A estrutura da comunidade planctônica, em qualquer ambiente aquático, é a base para o conhecimento do funcionamento deste ecossistema. Conforme Cardoso (2001) a estrutura da comunidade planctônica na Lagoa Itapeva é formada por sete divisões em mais de 148 espécies fitoplanctônicas e por quatro grupos em mais de 127 espécies zooplanctônicas. Isto mostra o número grande de medidas e análises realizadas para identificação destes indivíduos.

Em função disto e também pelo fato da existência de uma pequena profundidade média e o regime de circulação polimítico nas lagoas costeiras do litoral do Rio Grande do Sul (Schwarzbold e Schäfer, 1984), Cardoso (2001) assumiu, conforme proposto por Konrath (1995) que a distribuição vertical dos organismos fitoplanctônicos, na região limnítica da mesma, seja ao acaso. Por este motivo, Cardoso (2001) optou por realizar amostragens nas mesmas profundidades efetuadas para produção primária, o que possibilitou uma comparação direta entre os pontos amostrais, obtendo assim uma maior compreensão da dinâmica das comunidades planctônicas espacialmente. Sendo que para se analisar estes dados é fundamental lembrar que a distribuição vertical e horizontal do fitoplâncton pode mudar consideravelmente dentro de curtos intervalos de tempo pela ação do vento (Vollenweider, 1974).

Assim a análise da comunidade planctônica (fitoplâncton e zooplâncton) também seguiu o mesmo delineamento amostral utilizado para os outros dados bióticos, ou seja, três

pontos de amostragem na Lagoa Itapeva, quatro turnos diurnos no perfil da coluna d'água durante três dias sazonalmente (Cardoso, 2001 e Becker, 2002). Estes dados são apresentados e discutidos nos trabalhos de Cardoso (2001) e Becker (2002), para fitoplâncton e zooplâncton respectivamente. Nestes trabalhos, os dados estão subdivididos em tabelas, onde estão apresentados o número de indivíduos de cada espécie por volume e em cada ponto amostral. Assim sendo, cada tabela apresenta nove pontos amostrais, conforme o delineamento utilizado por Cardoso (2001) e/ou Becker (2002). A estrutura da comunidade planctônica foi definida por Cardoso (2001) em termos de densidade específica e relativa, classes de tamanho, abundância, dominância, riqueza, diversidade específica, medida de semelhança e taxa de sucessão, além da distribuição temporal e espacial. Das tabelas obtidas nos trabalhos já citados, foram utilizados os dados de densidade populacional específica, onde os valores correspondentes da densidade populacional do fitoplânctons foram expressos em $n^{\circ}\text{ind.mL}^{-1}$ e a do zooplâncton em $n^{\circ}\text{ind.L}^{-1}$.

Em relação à identificação dos organismos planctônicos, elas foram feitas em nível específico sempre que possível, mas como citado por Cardoso (2001) e por Becker (2002) algumas quantificações foram prejudicadas quando o tamanho do indivíduo era muito pequeno em relação à resolução utilizada durante a quantificação (especialmente com relação às diatomáceas); ou nos casos onde o indivíduo encontrava-se sedimentado na câmara não permitindo a visualização de estruturas fundamentais para tal; ou ainda nos casos onde existiam partículas em suspensão depositadas sobre todo ou parte do organismo.

Com isto, alguns pontos amostrais ficaram com falhas nas leituras, este problema foi solucionado, para este trabalho, complementando as tabelas, com dados pertencentes a campanhas realizadas anteriormente aos períodos em estudo (considerando o ponto amostral, a sazonalidade, a profundidade e o horário de coleta). Estas pré-campanhas tiveram a finalidade de preparar e ajustar os métodos analíticos empregados nos estudos laboratoriais.

Para o uso destes dados nos modelos propostos, é fundamental a conversão dos dados obtidos em biomassa (mais especificamente em massa de carbono). A biomassa é, segundo Sharma et al (1988) e Gosselain et al (2000), uma importante variável porque mede a quantidade de energia estocada em certo nível trófico da comunidade biológica.

Os valores foram convertidos em biomassa através das equações 3.40 e 3.41, onde BI é a biomassa do indivíduo, f o fator de conversão de biomassa celular em biomassa de

carbono, DP a densidade populacional, BV o biovolume e BT a biomassa total do ponto amostral.

$$BI = f.BV.DP \quad (3.40)$$

$$BT = \sum BI \quad (3.41)$$

Os valores de DP estão apresentados, como salientado anteriormente, nos trabalhos de Cardoso (2001) e Becker (2002) em n°ind.mL⁻¹ e a do zooplâncton em n°ind.L⁻¹. O valor de f variou de análise para análise, pois além da conversão dos valores de biomassa celular para biomassa de carbono, este fator foi utilizado para converter as unidades em que os valores estavam apresentados, o que era bem variado. Em algumas situações foi obtido diretamente o valor da biomassa, contudo para simplificar-se a apresentação dos dados, estes valores de biomassa foram convertidos em biovolume utilizando-se da equação 3.42 e posteriormente igualando BI' (equação 4.42) com BI (equação 3.40), assim através da equação 3.40 isolando-se BV, obteve-se os valores do biovolume. Cabe salientar que todos os valores aqui tratados (biomassa, biovolume, fatores de correção) correspondem à média dos valores obtidos experimentalmente e/ou através das análises bibliográficas.

$$BI' = f'.BM.DP \quad (3.42)$$

Segundo Becker (2002) a biomassa planctônica pode ser estimada pela medida de peso seco, pela concentração de componentes químicos celulares (clorofila a, carbono e nitrogênio), bem como pelo cálculo de biovolume. O peso seco, a clorofila a e o carbono são métodos onde a previsão taxonômica fica debilitada para uma análise em ambientes naturais, uma vez que existe a dificuldade de separar bactérias, algas e outros pequenos organismos da matéria orgânica particulada dos detritos. O mesmo pode ser inferido para os resultados de medição da biomassa zooplanctônica em ambientes naturais. O cálculo do biovolume, por levar em conta as diferentes formas e tamanhos dos organismos, fornece uma avaliação mais precisa (Torgan et al., 1988). Muitos autores têm utilizado a estimativa da biomassa fitoplanctônica, pelo biovolume, através de formas geométricas aproximadas às formas dos indivíduos.

Para obtenção, então, destes valores de BV, BM e f, inicialmente foram utilizados as informações contidas nos trabalhos de Cardoso (2001) e principalmente no trabalho de

Becker (2002). Na realidade utilizaram-se as planilhas que deram origem aos dados apresentados nos trabalhos citados. Contudo, quando se iniciou a pesquisa para obtenção dos valores de conversão de biomassa celular para biomassa de carbono, encontrando-se uma série de trabalhos com informações sobre biovolume ou biomassa, que foram agregados aos valores estudados por Cardoso (2001) e Becker (2002). Esta pesquisa auxiliou na complementação dos dados, pois alguns indivíduos foram quantificados utilizando valores médios, conforme citado detalhadamente por Becker (2002).

Para obtenção destas referências foram utilizadas inicialmente as fontes bibliográficas citadas por Cardoso (2001) e Becker (2002) para identificação de fito e zooplâncton. No caso do fitoplâncton a identificação das espécies foi efetuada com base nas seguintes bibliografias que serviram de base para nossa pesquisa bibliográfica:

- a) Cyanophyta - Geitler (1932), Desikachary (1959), Campos e Sena (1988), Komárek e Kling (1991) e Torgan (1997);
- b) Chlorophyta - Komárek e Fott (1983) e Franceschini (1992);
- c) Bacillariophyta - Torgan e Aguiar (1978), Germain (1981), Torgan (1985, 1997), Krammer e Lange-Bertalot (1986), Krammer e Lange-Bertalot (1988), Krammer e Lange-Bertalot (1991), Callegaro et al. (1993) e Costa (1995);
- d) Cryptophyta - Torgan (1997);
- e) Euglenophyta - Bourrelly (1970) e Alves da Silva e Torgan (1981);
- f) Crysophyta - Bourrelly (1968); e,
- g) Dinophyta - Schiller (1937).

A identificação das espécies de zooplâncton foi efetuada por Cardoso (2001) com base nas seguintes bibliografias, que também foram utilizadas como referência para a pesquisa de biomassa e biovolume:

a) Protistas - Boltovskoy e Lena (1971), Deflandre (1928), Deflandre (1929), Gauthier-Lièvre e Thomas (1958), Ogden e Hedley (1980), Souto (1973), Valer (1997) e Vucetich (1973);

b) Rotifera - Donner (1966), Haring (1917), Koste (1978), Leitão (1986), Olivier (1965), Paggi (1995), Pennak (1953), Ruttner-Kolisko (1989) e Wallace e Snell (1991);

c) Cladocera - Brooks (1959), Elmoor-Loureiro (1997), Goulden (1968), Hebert (1977), Jaume (1991), Korovchinsky (1981), Loureiro (1988), Montú (1973a), Montú (1973b), Montú (1973c), Montú e Groeden (1986), Paggi (1973), Paggi (1979) e Smirnov e Timms (1983); e,

d) Copepoda - Falavena (1985), Matsumura- Tundisi e Rocha (1983), Montú e Goeden (1986), Pennak (1991) e Sendacz e Kubo (1982).

Posterior a esta pesquisa foi utilizado as informações do ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*). Na base de dados do ITIS (2003), foram encontradas informações taxonômicas cadastradas de fito e zooplâncton. Foi utilizada esta base de dados pelo fato de ser uma fonte integrada de dados e de fácil acesso às informações de espécie, sinônimos, referências, classificação hierárquica entre outros. Além disto esta base de dados é periodicamente atualizada assegurando uma elevada qualidade no que diz respeito às classificações, revisões, e adições de espécies recentemente descritas, bem como todas as informações serem documentadas. Outra fonte de informações foi o banco de dados do NIES (2001). O NIES (*National Institute for Environmental Studies*), desde sua criação em 1974 tem um papel importante nos estudos ambientais e pesquisas no Japão. Como no ITIS, atualmente o banco de dados tem uma estrutura integrada colaborando nos campos das ciências, como engenharia, agricultura, medicina, farmacologia e economia.

Para finalizar foram, então, pesquisados artigos que poderiam trazer informações complementares, com auxílio dos dados obtidos anteriormente. Para esta pesquisa utilizou-se primeiramente o serviço de informação fornecido pelo ProQuest®, que fornece acesso a milhares de periódicos, atualizados diariamente, e que possui textos completos desde 1986. Além do ProQuest®, foram consultadas as *homepages* de algumas das mais importantes editoras, publicadoras ou distribuidoras: Allen Press, Blackwell Synergy (Contempla as

editoras Blackwell Publishers, Blackwell Science e Blackwell Munksgaard), Harcourt Health Services, Elsevier Science (Contempla as editoras: Churchill Livingstone, Elsevier, Hanley & Belfus, Harcourt Health Services, IMNG, JEMS Communications, Mosby e WB Saunders), Ingenta, Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins, Springer Science (Contempla as editoras Birkhaeuser, Physica, Springer, Springer-VDI-VERLAG e Springer Wien) e Wiley Interscience.

A pesquisa foi realizada entre junho de 2002 e janeiro de 2003. Posterior a este período foi realizada uma nova pesquisa para complementação e/ou confirmação de algumas espécies (realizada em novembro de 2003).

Com as informações de biomassa, biovolume e fatores de correção destes valores, foram geradas tabelas, como citadas anteriormente, porém ainda foi necessário a divisão do zooplâncton em consumidor primário e secundário. Para isto utilizou-se de um artifício que é o do tamanho das células. A forma e o tamanho das células dos organismos planctônicos são fatores freqüentemente envolvidos em discussões da dinâmica do plâncton (Bergquist et al., 1985) e segundo Becker (2002), o tamanho do corpo afeta nas probabilidades de sobrevivência, na produção reprodutiva e aptidão individual de muitos organismos; sendo que muitos estudos têm centrado os seus focos na identificação e seleção destes parâmetros.

Em função, então, do tamanho da célula influenciar as taxas de nutrientes e assimilação, fotossíntese, respiração e crescimento, conforme salientado por Lane e Goldman (1984), utilizou-se este parâmetro para seleção de dados, como citado anteriormente, para avaliação dos mesmos. Para isto, os indivíduos foram divididos em três categorias conforme Dussart (1965): nanoplâncton até 20 μm , microplâncton de 20 a 200 μm e macropilâncton acima de 200 μm de tamanho. O tamanho de espécies foi considerado com base no maior eixo de dimensão linear axial (Lewis, 1976), denominado GALD (*Greatest Axial Linear Dimension*).

Na utilização do modelo em estudo para o balanço de massa no ecossistema da Lagoa Itapeva, como citado anteriormente, os indivíduos zooplanctônicos foram divididos em consumidores primários e consumidores secundários. Entretanto existe ainda uma grande dificuldade em especificar quais indivíduos da comunidade zooplanctônica possuem esta característica, sabe-se que alguns podem ser classificados em consumidores primários ou secundários conforme as condições ambientais. Segundo Odum (2001) as cadeias tróficas são

caracterizadas por alguns organismos que ocupam posições intermediárias entre os níveis tradicionais, como por exemplo, alguns indivíduos do zooplâncton que se alimentam além de fitoplâncton de pequenos indivíduos zooplânctônicos (isto pode ser melhor observado nos itens 2.1.2.5 e 2.1.2.6 da Revisão Bibliográfica). Wetzel (1983) também relata uma série de exemplos de macrozooplânctons que se alimentam além do fitoplâncton de pequenos zooplâncton, principalmente espécies de rotíferas. Crisman (1980) relata o caso de cladóceros que durante o processo evolutivo podem servir de alimento para outros componentes do zooplâncton, já Porter et al (1979) relatam exemplos de ciliados que possuem esta característica. Outro grupo que possui este tipo de comportamento são as *Daphias* (Wetzel, 1983; O'Brien e De Noyelle, 1974; Geller, 1975; McMahon e Rigler, 1963; McMahon e Rigler, 1965 e Kersting e Holterman, 1973). No caso do modelo em estudo foram considerados consumidores secundários, os indivíduos classificados como macroplâncton, sendo que estes também foram considerados como consumidores primários por consumirem fitoplâncton (80 e 20% da biomassa destes indivíduos respectivamente).

Os dados referentes ao tamanho das espécies, que possibilitou esta classificação, estão apresentados, também, nos trabalhos de Cardoso (2001) e Becker (2002). Nestes trabalhos pode-se obter as tabelas de classificação do fitoplâncton referentes às divisões *Bacillariophyta*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Cryptophyta*, *Dinophyta*, *Euglenophyta* e *Crysohyta*. Quanto ao zooplâncton, as tabelas de classificação são referentes ao reino Protista e aos filos Rotifera, Arthropoda, Cladocera e Copepoda.

3.2.2. Montagem das matrizes de dados

Para montar as planilhas referentes a cada ponto amostral estudado na Lagoa Itapeva (Figuras 3.1 e 3.2), utilizou-se o sistema de equações descrito no item 3.2 (equação 3.1 e 3.2). Os dados utilizados nas equações correspondem aos valores obtidos e descritos nos itens anteriores (carbono total, respiração, produtividade primária e biomassa de fito e zooplâncton).

Com os dados obtidos foi estruturada uma planilha e através desta planilha foram geradas as 432 planilhas correspondentes a todos os pontos amostrados (4 estações, 3 profundidades, 4 horários diários e 3 pontos amostrais).

Após preparar todas as planilhas e conseqüentemente todos os arquivos correspondentes a cada ponto, os dados resultantes foram avaliados, no sentido da verificação de erros e incoerências. Quando isto ocorreu foi verificada a origem do problema e feito uma reavaliação dos dados, quando realmente os dados gerados estavam corretos e o resultado do balanço oferecia resultados não compatíveis estes pontos foram eliminados dos processos avaliativos.

3.3. Modelos

Esta metodologia foi desenvolvida, como descrito anteriormente, para análise de modelos compartimentais que representam fluxos de substâncias conservativas ou fluxo de energia. Os métodos determinísticos evoluíram da aproximação de Leontief, contudo considerar-se-á as suas extensões estocásticas tratando estes fluxos com recurso baseados em processos de markovianos.

Todo o estudo foi realizado inicialmente utilizando-se os exemplos descritos no item 3.1 e posteriormente foram utilizados os dados referentes à Lagoa Itapeva (descritos no item 3.2). Primeiramente foi avaliado em cada situação de estudo a estrutura interativa do sistema considerando seu limite de *input*. Posteriormente estes sistemas foram reconstruídos, temporariamente considerando seu limite de *output*. Em ambos os casos, obteve-se estruturas internas com estes sistemas de fluxo de *input-output*. Após, estas estruturas e as suas características foram representadas por várias medidas, incluindo duração de caminho, eficiência de ciclagem, índice de ciclagem, tempo de residência, número de transferência intercompartimental e origem de *inputs* e destino de *outputs*.

3.3.1. Análise de *input-output*

Modelos compartimentais tornaram-se predominantes na representação da dinâmica dos sistemas ecológicos (Barber et al, 1979). Empregando o princípio de conservação de

massa^{3.2} e energia^{3.3}, tais modelos podem ser formulados como diferença de sistemas ou equações diferenciais. Por exemplo, este último caso pode ser representado como mostrado na equação 3.43.

$$\dot{x}_j(t) = \sum_{i=0}^n f_{ij}(t) - \sum_{k=0}^n f_{jk}(t) \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (3.43)$$

Na equação 3.43, x_j corresponde ao armazenamento instantâneo de energia ou matéria no compartimento j de n compartimentos, \dot{x}_j é a derivada primeira de x_j em função de t , e f_{ij} , f_{jk} são fluxos instantâneos do compartimento i para j e de j para k , respectivamente. O ambiente externo é descrito através da subscrição “0”. Em relação a isto é importante saber, segundo Hirata (1985), a relação quantitativa entre os vários componentes de um sistema de fluxo, se gerado por tal modelo, ou através de medida empírica, ou qualquer meio.

Como visto no capítulo 2.2, a base para o desenvolvimento dos modelos aqui apresentados esta baseada na análise de *Input-output* para aplicações em economia que foi introduzida por Leontief (Leontief, 1936; Leontief, 1964; Leontief, 1974; Leontief, 1980; Leontief, 1987 e Leontief, 1993). Sua motivação original, como visto também anteriormente, foi à oferta e demanda (Leontief, 1958a; Leontief, 1958b e Leontief, 1959). O que era uma exigência direta e indireta de matérias-primas, bens e serviços para produzir uma unidade de produto acabado de algum setor da economia? Leontief respondeu esta pergunta criando uma matriz de equilíbrio que relaciona as exigências de cada indústria. Dado um vetor de demanda, ele pôde resolver as equações para as demandas de cada indústria (Leontief, 1966 e Leontief, 1971).

A análise determinística seguirá as propostas e demandas elaboradas nos processos econômicos e também propostas já estudadas no que diz respeito a avaliações ambientais (Finn, 1985; Barber et al, 1979 e Finn,1980). Alguns pontos, que já foram discutidos na revisão bibliográfica, serão retomados com o objetivo de desenvolver de forma clara as equações, sistemas e principalmente as notações que serão utilizadas..

^{3.2} A lei (ou princípio) da conservação da massa em um volume de controle que instantaneamente apresenta massa m , e

sendo \dot{m} o fluxo de massa, é dada por $\frac{\partial m}{\partial t} = \sum_{entra} \dot{m} - \sum_{sai} \dot{m}$ (Bejan, 1988).

^{3.3} A extensão do primeiro princípio da Termodinâmica ($\Delta E = E_{final} - E_{inicial}$) a outros fenômenos naturais, como os fenômenos químicos e biológicos, conduziu a generalizar o princípio da equivalência, enunciando o princípio da conservação da energia, o qual exprime que a energia não se perde nem se ganha, podendo apenas variar de forma (Metz e Schifino, 1979 e Costa, 1973).

As metodologias determinísticas são predicadas na suposição de que os fluxos endógenos de um sistema são determinados como a diferença entre dois processos, os que introduzem recursos na estrutura de fluxo do sistema e os que removem recurso da estrutura de fluxo. Assim, os derivados do compartimento negativo $\dot{x}_j^-(t)$ e do sistema de fluxo de entrada de $f_{0i}(t) \equiv z_j(t)$ introduzem recursos na circulação, enquanto os derivados do compartimento positivo $\dot{x}_j^+(t)$ e do sistema de fluxos de saída $f_{j0}(t) = y_j(t)$ removem recursos da circulação, sendo $j = 1, 2, \dots, n$. A função de transição do sistema (equação 3.43) pode ser expressa como a diferença entre os processos que introduzem e removem recursos para a estrutura de fluxo circulante, conforme mostrado na equação 3.44.

$$\left[\dot{x}_j^+(t) + y_j(t) \right] - \left[z_j(t) - \dot{x}_j^-(t) \right] = \sum_{i=1}^n f_{ij}(t) - \sum_{k=1}^n f_{jk}(t) \quad (3.44)$$

Nesta equação (3.44), $\dot{x}_j^+(t) = \max\{\dot{x}_j(t), 0\}$ e $\dot{x}_j^-(t) = \min\{\dot{x}_j(t), 0\}$. O fluxo direto do compartimento j , dado por $T_j(t)$, é representado como a soma dos fluxos de entrada (equação 3.45) ou a soma dos fluxos de saída (equação 3.46).

$$T_j(\Sigma in) = -\dot{x}_j^-(t) + z_j(t) + \sum_{i=1}^n f_{ij}(t) \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (3.45)$$

$$T_j(\Sigma out) = \dot{x}_j^+(t) + y_j(t) + \sum_{k=1}^n f_{jk}(t) \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (3.46)$$

Estes conceitos estão desenvolvidos nos trabalhos de Barber et al (1979) e Patten et al (1976), que estudaram um dos modelos teóricos (conforme descrito no item 3.1) que será estudado posteriormente.

Para descrever os parâmetros de análise, quando necessário, utilizar-se-á o modelo e a simbologia propostos na Figura 3.5. Os compartimentos (blocos) representam os armazenamentos, e as setas denotam os fluxos. Nota-se que $T_j(\Sigma in) = T_j(\Sigma out)$ para $j = 1, \dots, n$, desde que o modelo seja estático.

3.3.1.1. Elaboração das matrizes N' e N''

O primeiro passo para análise dos dados decorrentes dos modelos é a montagem das matrizes de entrada (N') e de saída (N'').

No caso das matrizes de entrada é necessário, inicialmente, expressar através da equação 3.47 o fluxo $f_{jk}(t)$ do compartimento j para o k como uma fração de $T_k(\Sigma in)$.

$$f_{jk}(t) = q'_{jk}(t)T_k(\Sigma in) \quad (3.47)$$

Substituindo-se as equações 3.45 e 3.47 na equação 3.44, obtêm-se a equação 3.48.

$$T_j(\Sigma in) = \sum_{k=1}^n q'_{jk}(t)T_k(\Sigma in) + y_j(t) + \dot{x}_j^+(t) \quad (3.48)$$

A equação 3.48 pode ser resolvida para $T_j(\Sigma in)$ para a correspondente equação matricial 3.49.

$$\tilde{T}(\Sigma in) = [\tilde{I} - \tilde{Q}'(t)]^{-1}[\tilde{x}^+(t) + \tilde{y}(t)] \quad (3.49)$$

Nesta equação matricial (equação 3.49), $\tilde{T}(\Sigma in)$ é um vetor $n \times 1$ de fluxo direto, \tilde{I} é uma matriz identidade $n \times n$, $\tilde{Q}'(t)$ é uma matriz $[q'_{ij}(t)]$ com dimensão $n \times n$, $\tilde{x}^+(t)$ é o vetor $[\dot{x}^+(t)]$ com dimensão $n \times 1$ e $\tilde{y}(t)$ é o vetor $[f_{i0}(t)]$ com dimensão $n \times 1$. A matriz $\tilde{N}'(t) = [\tilde{I} - \tilde{Q}'(t)]^{-1} = [\tilde{n}'_{ij}(t)]$, define a estrutura de fluxo do sistema (Hannon, 1973).

A Figura 3.8 mostra a pasta elaborada para cálculo da matriz N' junto à planilha de dados dos pontos amostrais, complementando as planilhas apresentadas nas Figura 3.1 e 3.2, onde foram relatados os dados referentes a cada ponto estudado ou descrita as informações pertinentes aos modelos utilizados como exemplos. A Figura 3.8 descreve um exemplo de matriz 3x3, ou seja, com três compartimentos inter-relacionados.

A análise determinística de *output* é executada pelo fluxo de saída, $f_{ij}(t)$, do compartimento i para o j , e é expressa como uma fração de $T_i(\Sigma out)$ como mostrado na equação 3.50.

$$f_{ij}(t) = q_{ij}''(t)T_i(\Sigma out) \tag{3.50}$$

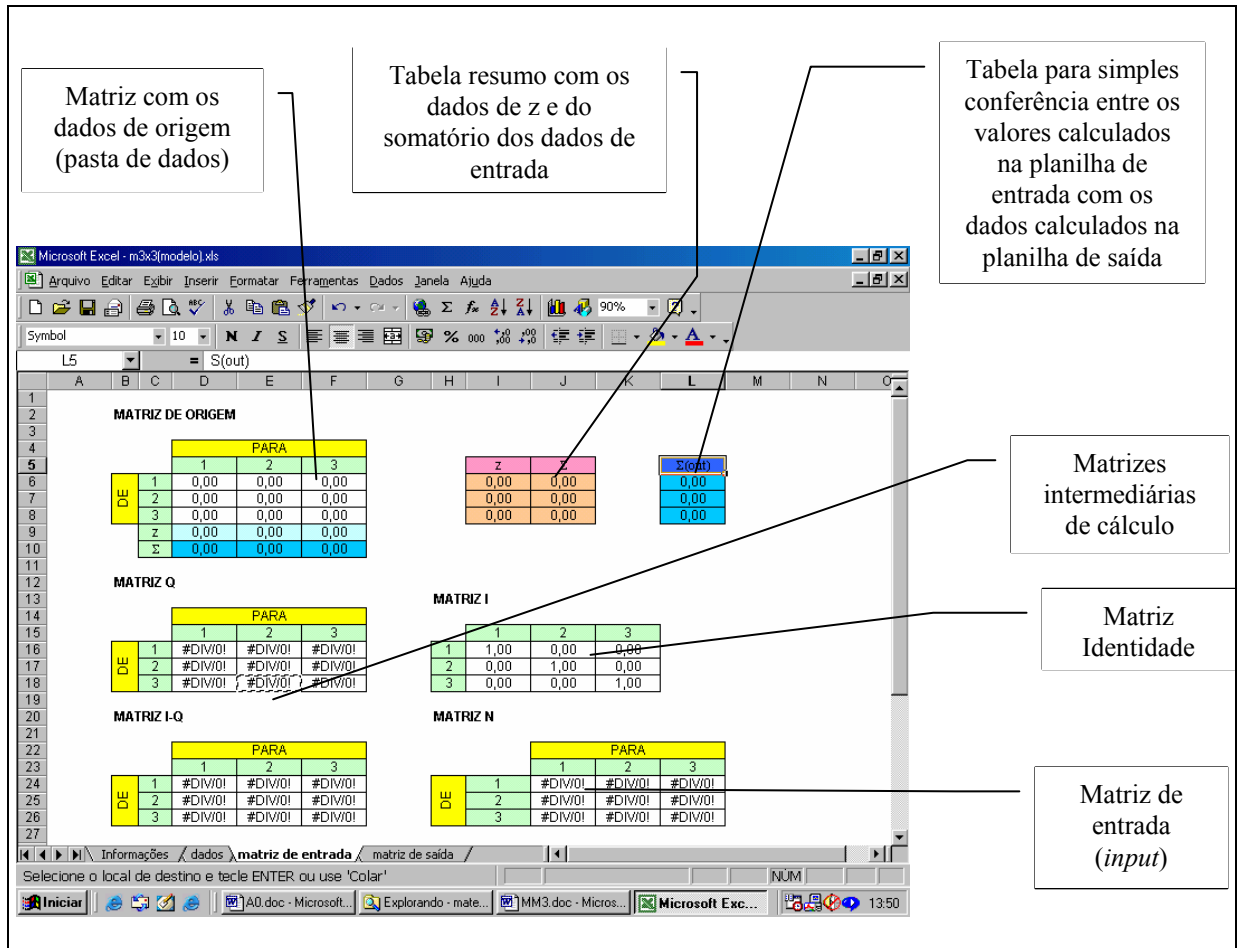


FIGURA 3.8: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo da matriz N' correspondente aos dados de entrada no modelo em estudo (exemplo de uma matriz 3x3).

Substituindo-se as equações 3.46 e 3.50 na equação 3.44, obtêm-se a equação 3.51, que pode ser transformada para $T_j(\Sigma out)$ pela equação matricial 3.52 (como apresentado anteriormente entre as equações 3.48 e 3.49).

$$T_j(\Sigma out) = \sum_{i=1}^n q_{ij}''(t)T_i(\Sigma out) + z_j(t) - \dot{x}_j(t) \tag{3.51}$$

$$\tilde{T}(\Sigma out) = [\tilde{I} - \tilde{Q}''(t)]^{-1}[-\tilde{\dot{x}}(t) + \tilde{z}(t)] \tag{3.52}$$

Nesta equação (3.52), $T(\Sigma_{out})$ é um vetor $1 \times n$ de fluxo direto, I representa novamente uma matriz identidade de ordem de n , $Q''(t)$ é a matriz $[q_{ij}''(t)]$ com dimensão $n \times n$, $\dot{x}(t)$ é o vetor $[\dot{x}_i(t)]$ com dimensão $1 \times n$ e $z(t)$ é o vetor $[f_{0i}(t)]$ com dimensão $1 \times n$. $N''(t) = [I - Q''(t)]^{-1}$ também representa a estrutura do sistema, mas agora como propagação adiante dos *inputs* ao contrário do retrocesso dos *outputs*.

A Figura 3.9, da mesma forma que a Figura 3.8 mostra a pasta elaborada para cálculo da Matriz N'' junto à planilha de dados dos pontos amostrais, complementando as planilhas apresentadas nas Figura 3.1 e 3.2.

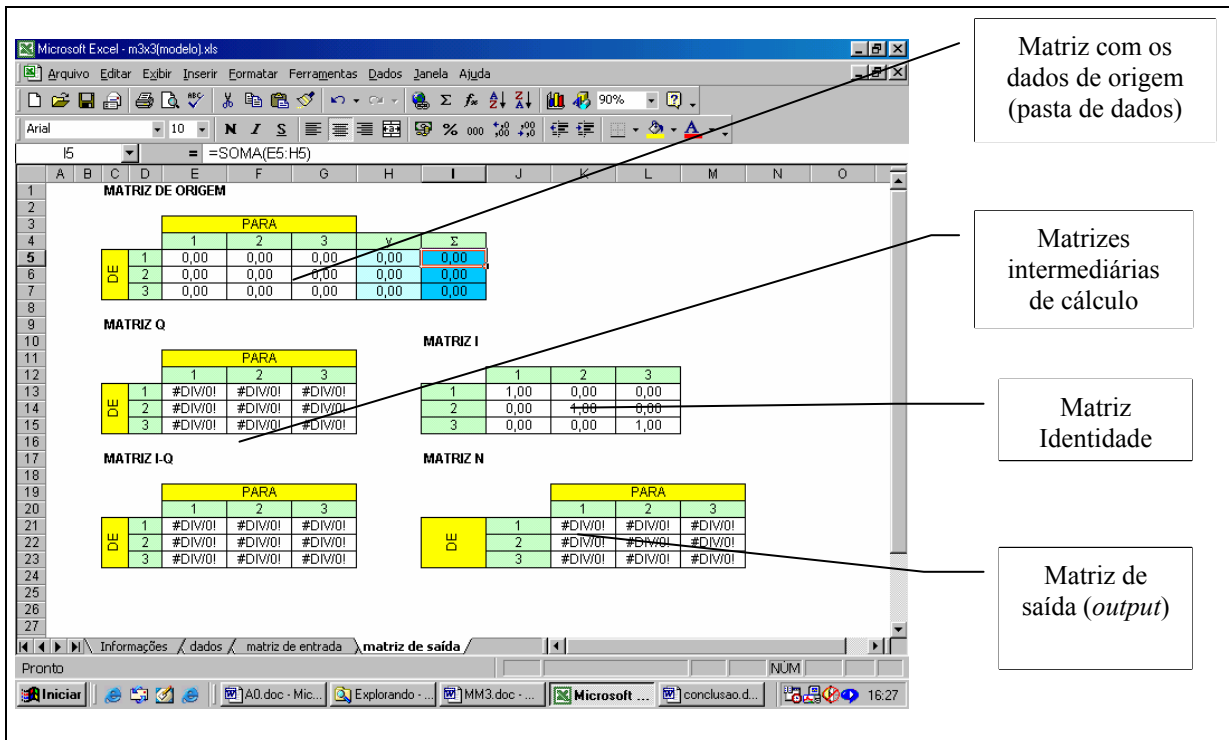


FIGURA 3.9: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo das matrizes Q'' e N'' , decorrentes dos dados de entrada no modelo em estudo (exemplo de uma matriz 3x3).

3.3.1.2. Interpretação das matrizes N' e N''

Para a interpretação de $n'_{ij}(t) \in N'(t)$ e $n''_{ij}(t) \in N''(t)$, deve-se considerar, inicialmente, que $T_0(t)$ é o “fluxo direto” do sistema (equação 3.53 ou equação 3.54).

$$T_0(\Sigma_{in}) = \sum_{k=1}^n f_{k0}(t) + \sum_{k=1}^n \dot{x}_k^+(t) \quad (3.53)$$

$$T_0(\Sigma_{out}) = \sum_{k=1}^n f_{0k}(t) - \sum_{k=1}^n \dot{x}_k^-(t) \quad (3.54)$$

Considerando a equação 3.43, claramente observa-se que $\dot{x}_0^+(t)$ e $\dot{x}_0^-(t)$ podem ser representados conforme as equações 3.55 e 3.56.

$$\dot{x}_0^+(t) = -\sum_{k=1}^n \dot{x}_k^-(t) \quad (3.55)$$

$$\dot{x}_0^-(t) = -\sum_{k=1}^n \dot{x}_k^+(t) \quad (3.56)$$

Logo, a equação 3.53 é consistente com as equações 3.45 e a equação 3.54 com a equação 3.46. Estas relações de consistência são confirmadas pela seguinte consideração: a soma total dos meios na união de um sistema e seu ambiente é constante. Isto é mostrado na equação 3.57, onde o somatório deve ser igual a zero.

$$\sum_{i=0}^n \dot{x}_i(t) = \sum_{i=0}^n [\dot{x}_i^+(t) + \dot{x}_i^-(t)] \quad (3.57)$$

Porém, as equações 3.55 e 3.56 asseguram isto, definições de T_0 representadas pelas equações 3.53 e 3.54 são consistentes com as definições de $T_j(t)$, sendo $j \neq 0$, dado as equações 3.45 e 3.46, respectivamente. Então, a equação 3.49 pode ser expressa como mostram as equações 3.58 e 3.59, respectivamente.

$$\underset{\sim}{T}(\Sigma_{in}) = \underset{\sim}{N}'(t) \underset{\sim}{q}'(t) T_0(\Sigma_{in}) \quad (3.58)$$

$$\underset{\sim}{T}(\Sigma_{out}) = \underset{\sim}{N}''(t) \underset{\sim}{q}''(t) T_0(\Sigma_{out}) \quad (3.59)$$

Nestas duas últimas equações (3.58 e 3.59), $\underset{\sim}{q}'(t)$ é o “vetor coluna” (equação 3.60) e $\underset{\sim}{q}''(t)$ é o “vetor linha” (equação 3.61).

$$\tilde{q}'_{\sim 0}(t) = \frac{\dot{x}_i^+(t) + f_{i0}^+(t)}{\sum_k \dot{x}_k^+(t) + f_{k0}^+(t)} \quad (3.60)$$

$$\tilde{q}''_{\sim 0}(t) = \frac{f_{0i}^-(t) - \dot{x}_i^-(t)}{f_{0k}^-(t) - \sum_k \dot{x}_k^-(t)} \quad (3.61)$$

A equação 3.58 expressa cada fluxo direto $T_j(\Sigma in)$ definido através de fluxos de entrada como uma função de $T_0(t)$, que é o fluxo de recursos para o sistema ambiental. A equação 3.58 personifica, ainda, a história dos *inputs* no sistema. Especificamente, $\tilde{q}'_{\sim 0}(t)$ transforma $T_0(t)$ em $T_i(\Sigma in)$, e $\tilde{N}'(t)$ transforma $T_i(\Sigma in)$ em $T_j(\Sigma in)$. Cada entrada $n'_{ij}(t) \in \tilde{N}'(t)$, pode ser interpretada de três maneiras:

- o fluxo direto $T_i(\Sigma in)$ no compartimento i , requerido para gerar uma unidade de *output* $T_j(\Sigma in)$ no compartimento j ;
- o fluxo total $\Phi_{ij}(t)$, que é o fluxo direto $f_{ij}(t)$ mais o indireto sobre todos os caminhos de todas as extensões do compartimento i para j , para sustentar uma unidade de fluxo de saída $T_j(\Sigma in)$ do compartimento j ; e,
- o número de vezes que uma unidade de fluxo no compartimento j passou através de i desde que entrou no sistema.

Exemplificando, pode-se observar em uma matriz N' (Figura 3.8) o elemento n'_{xy} , este representa o fluxo direto fora do compartimento x exigido para gerar uma unidade de *output* do compartimento y . Isto é, também, o fluxo total propagado de x para y para sustentar cada unidade do fluxo de saída de y . E, ainda, uma unidade de fluxo de y que passou através de x este número de vezes desde a entrada no sistema.

Para o caso de *output*, a equação 3.59 expressa cada fluxo direto $T_i(\Sigma out)$ definido através de fluxos de saída como uma função de $T_0(t)$, que é o fluxo de recursos para o sistema ambiental. A equação 3.59 especifica, também, o *output* futuro no sistema. Isto quer dizer que

$\tilde{N}''(t)$ transforma $T_i(\Sigma_{out})$ para $T_j(\Sigma_{out})$ e $\tilde{q}''_0(t)$ transforma $T_j(\Sigma_{out})$ em $T_0(t)$. Assim cada entrada $n''_{ij}(t) \in \tilde{N}''(t)$, pode ser interpretada, também, de três maneiras:

- d) o fluxo direto $T_j(\Sigma_{out})$ no compartimento j , produzido por uma unidade de $T_i(\Sigma_{out})$ no compartimento i ;
- e) o fluxo total $\Phi_{ij}(t)$, incluindo o fluxo direto $f_{ij}(t)$ e o indireto sobre todos os caminhos de todas as extensões do compartimento i para j , gerado por uma unidade de fluxo de entrada $T_i(\Sigma_{out})$ do compartimento i ; e,
- f) o número de vezes que uma unidade de fluxo no compartimento i passou através de j antes de encerrar o sistema.

Para exemplificar esta situação, considerar-se-á o elemento n''_{xy} da matriz \tilde{N}'' (Figura 3.9). Este elemento representa o fluxo direto em y , gerado por uma unidade de *input* para x . É o fluxo que passa de x a y devido a uma unidade de *input* em x . Também, é o número de vezes que uma unidade de fluxo de x atravessará y , antes de deixar o sistema.

3.3.2. Parâmetros de interpretação

Usando as matrizes $\tilde{N}'(t)$ e $\tilde{N}''(t)$, algumas medidas para a estrutura do sistema podem ser calculadas. Alguns autores utilizam estes conceitos para interpretar possíveis dados, contudo só métodos de cálculo ainda são pouco difundidos (Finn, 1976; Odum, 1988 e Finn, 1977 *apud* Barber et al 1979). Estas medidas são: duração do caminho, eficiência de ciclagem e índice de ciclagem.

- a) **Duração do caminho**^{3.4}: este é o número de compartimentos que um fluxo de entrada, para compartimento i , atravessará antes de sair deste; ou que um fluxo de saída de j , passou desde entrar no sistema, somando múltiplas visitas ao mesmo compartimento. A duração do caminho de fluxo de entrada (ZPL) é dada pela equação 3.62 e para o fluxo de saída (YPL) pela equação 3.63.

$$ZPL_i(t) = \sum_{j=1}^n n''_{ij}(t) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3.62)$$

$$YPL_j(t) = \sum_{i=1}^n n'_{ij}(t) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3.63)$$

Durações do caminho de um sistema é representado como o somatório de todas as durações de caminho do compartimento (equações 3.64 e 3.65).

$$ZPL(t) = \sum_{i=1}^n \frac{z_i(t)}{\Sigma z(t)} ZPL_i(t) \quad (3.64)$$

$$YPL(t) = \sum_{j=1}^n \frac{y_j(t)}{\Sigma y(t)} YPL_j(t) \quad (3.65)$$

A Figura 3.10 apresenta a pasta elaborada na planilha de cálculo de um exemplo composto por três compartimentos. Nesta pasta são calculadas as durações de caminho para os fluxos de entrada e saída, incididos sobre o exemplo ou modelo que se está estudando.

b) **Eficiência de ciclagem**^{3.5}: é a razão entre o fluxo ciclado e o fluxo total de entrada ou saída de um compartimento ou sistema. É determinado pelos elementos da diagonal das matrizes N' ou N'' . Como estes elementos sempre são iguais [$n'_{ii}(t) = n''_{ii}(t)$] a eficiência de ciclagem de um compartimento é dada pela equação 3.66 e a eficiência de ciclagem do sistema pela equação 3.67.

$$CE_i(t) = \frac{n'_{ii} - 1}{n'_{ii}} = \frac{n''_{ii} - 1}{n''_{ii}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3.66)$$

$$CE(t) = \sum_{i=1}^n \frac{z_i(t)}{\Sigma z(t)} CE_i(t) = \sum_{j=1}^n \frac{y_j(t)}{\Sigma y(t)} CE_j(t) \quad (3.67)$$

O termo referente ao numerador na equação 3.66 representa o fluxo ciclado, e no denominador representa o fluxo ciclado mais os fluxos de *input* ou *output* em *i*. A Figura 3.10

^{3.4} A simbologia utilizada para indicar duração do caminho será PL (*path length*).

^{3.5} A simbologia utilizada para indicar a eficiência de ciclagem será CE (*cycling efficiency*).

apresenta também, na pasta descrita o cálculo correspondente à eficiência de ciclagem concernente ao exemplo que se está estudando.

c) **Índice de ciclagem**^{3.6}: é a relação dos fluxos ciclados e não ciclados em um sistema, ou do fluxo ciclado total. O fluxo direto no sistema total^{3.7} é definido conforme a equação 3.68, o fluxo ciclado e não ciclado conforme as equações 3.69 e 3.70, respectivamente, e os índices de ciclagem através das equações 3.71 e 3.72. Patten e Higashi (1984) apresentam equações semelhantes em seus estudos de modelos ecológicos.

$$TST(t) = \sum_{i=1}^n T_i(\Sigma in) = \sum_{j=1}^n T_j(\Sigma out) \quad (3.68)$$

$$TST_c(t) = \sum_{i=1}^n CE_i(t)T_i(\Sigma in) = \sum_{j=1}^n CE_j(t)T_j(\Sigma out) \quad (3.69)$$

$$TST_s(t) = TST(t) - TST_c(t) \quad (3.70)$$

$$CI_1 = \frac{TST_c}{TST_s} \quad (3.71)$$

$$CI_2 = \frac{TST_c}{TST} \quad (3.72)$$

Como nos parâmetros anteriores, o cálculo destes itens está demonstrado na pasta apresentada na Figura 3.10.

3.3.3. Normalização das matrizes N' e N''

^{3.6} A simbologia utilizada para indicar índice de ciclagem será CI (*cycling index*).

^{3.7} A simbologia utilizada para indicar fluxo direto em todo o sistema será TST (*total system throughflow*).

As estruturas matriciais $N'(t)$ e $N''(t)$, como verificado, definem intra-sistemas ambientais de *input* e *output* para cada compartimento. Patten (1978a) tem validado a normalização dos ambientes de *input* e *output* (E'_i e E''_i respectivamente), e mostrado que os conjuntos $\{E'_i; i = 1, \dots, n\}$ e $\{E''_i; i = 1, \dots, n\}$ representam uma partição do sistema.

Normalizar um fluxo de *input* consiste em redefini-lo através de uma unidade de fluxo de saída decorrente de um compartimento que possua ligação para o meio externo. Já a normalização de um fluxo de *output*, é gerada por uma unidade do fluxo de entrada, respectivamente dos compartimentos que recebem interferência do meio externo.

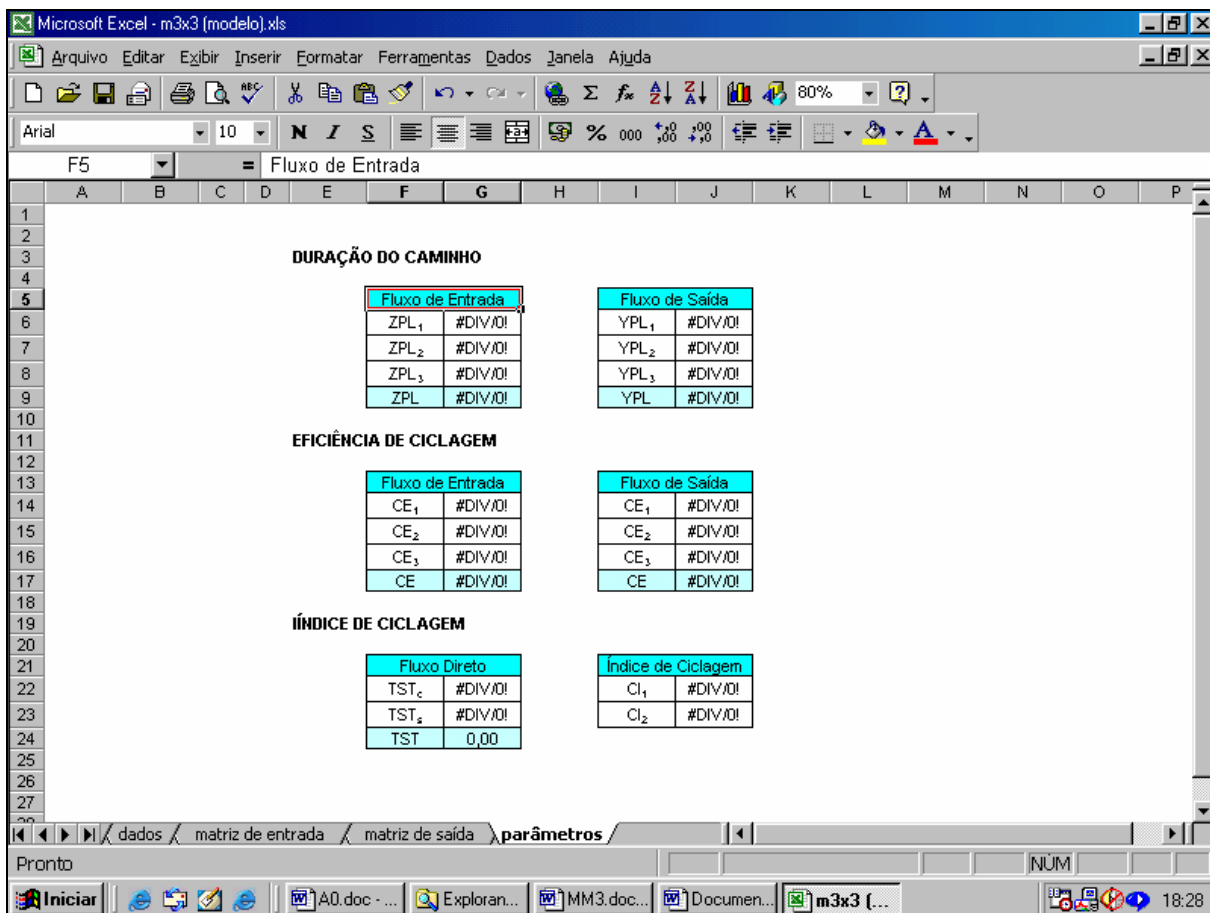


FIGURA 3.10: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo da duração do caminho (PL) dos fluxos de entrada e saída, eficiência de ciclagem (CE) para os fluxos de entrada e saída, fluxo direto (TST) ciclado e não ciclado e índices de ciclagem (CI), decorrentes dos dados das matrizes N' e N'' geradas nos modelos em estudo (exemplo de uma matriz 3x3).

Nas figuras (fluxogramas) decorrentes dos fluxos normalizados os números nos blocos (caixas) denotam os fluxos diretos T_i ($i = 1, \dots, n$), e os valores associados às setas demonstram os fluxos f_{ij} ($i, j = 0, 1, \dots, n$) que representam a soma do fluxo direto. Das

colunas correspondentes aos compartimentos que tenham inferência com o meio externo da matriz N' provêm a informação de fluxo direto exigida na construção destas novas estruturas (fluxogramas E'), e as colunas correspondentes aos compartimentos com saída para o meio externo da matriz N'' são responsáveis pelo mesmo só que na normalização dos fluxos de *output* (E'').

3.3.4. Análise de fluxo estocástico

Cadeias de Markov são os principais modelos para a construção de metodologias de análise de fluxo estocástico (Ricci, 1996). Finn (1977) *apud* Barber et al (1979) reformulou as análises determinísticas discutidas de acordo com a interpretação markoviana da análise econômica de *input-output* de Leontief e desenvolvida por Kemeny e Snell (1963). A metodologia de Markov motivou previamente os trabalhos de Barber (1978a e 1978b) que independentes de Leontief são aproximações das metodologias determinísticas. Os métodos posteriores analisam dois processos aleatórios, $\{\chi(h\tau) \in I_\chi: h = 0, -1, -2, \dots\}$ para análise de *input* e $\{\chi(h\tau) \in I_\chi: h = 0, 1, 2, \dots\}$ para análise de *output* (observa-se que $\chi(h\tau)$ designa a posição em um sistema com uma “partícula do meio” no momento $\pm h\tau$). Análises de *input* e *output* dizem respeito às propriedades estatísticas dos meios de distribuição dos modelos de Markov, cujo ambiente é um “tabu” ou um estado “cativante” (Kemeny e Snell, 1963; Chung e Williams, 1990 e Chung, 1967). O uso destes modelos conduzem a medidas como: eficiência de ciclagem, tempo de residência intra-sistema e o número de transferências intercompartimentais.

Outros pesquisadores também usaram cadeias de Markov como modelos para análise de fluxo ambiental. Horn (1975) modelou a frequência do clímax em uma espécie de árvore com a distribuição estacionária de uma cadeia de Markov. Komota et al (1976) investigou propriedades ergódicas dos fluxos em sistemas energeticamente abertos, mas bioquimicamente fechados com cadeias de Markov.

Para traçar movimentos históricos e futuros de uma “partícula” por um sistema, assume-se que o fluxo possa ser representado por uma cadeia de Markov discreta $\{\chi(h\tau)\}$. Se uma “partícula” está no compartimento j no momento t , então para um intervalo infinitamente pequeno $\tau > 0$, $\{\chi(h\tau)\}$ representa o modelo para a imediata história da “partícula”. Com isto

pode-se representar seu histórico como mostrado na equação 3.73 (se permanecer em X_j) ou pela equação 3.74 se foi transferido de X_i a X_j pelo fluxo F_{ij} .

$$\{\dots, \chi(t) = X_j, \chi(t - \tau) = X_j, \chi(t - 2\tau) = X_j, \dots\} \quad (3.73)$$

$$\{\dots, \chi(t) = X_j, \chi(t - \tau) = F_{ij}, \chi(t - 2\tau) = X_i, \dots\} \quad (3.74)$$

De forma similar, o futuro imediato pode ser representado como mostrado na equação 3.75 (se permanece em X_j) ou pela equação 3.76, se ocorrer o movimento de X_j a X_k pelo fluxo F_{jk} .

$$\{\dots, \chi(t) = X_j, \chi(t + \tau) = X_j, \chi(t + 2\tau) = X_j, \dots\} \quad (3.75)$$

$$\{\dots, \chi(t) = X_j, \chi(t + \tau) = F_{jk}, \chi(t + 2\tau) = X_k, \dots\} \quad (3.76)$$

Para análise do fluxo de *input* supõe-se que τ seja infinitamente pequeno, e o espaço amostral estabelecido pela equação 3.77.

$$I_\chi = \{X_0, X_1, \dots, X_n, Z_1, \dots, Z_n, T_1, \dots, T_n\} \quad (3.77)$$

Nesta equação (3.77), X_0 denota o sistema ambiental; X_i é o compartimento “i” ($i = 1, \dots, n$); Z_i é fluxo de entrada F_{0i} ; e T_i é o fluxo direto computado como o somatório dos *outputs* (conforme equação 3.78).

$$T_i(\Sigma \text{out}) = \sum_{j=1}^n F_{ij} \quad (3.78)$$

3.3.4.1. Elaboração da matriz de transição P' e P''

Seguindo-se a matriz de transição $P'(h\tau)$ passo a passo e aplicando-se, a esta, os conceitos das cadeias de Markov para tempos $h\tau$ ($h = 0, -1, -2, \dots$), obtêm-se uma matriz conforme mostrado na Tabela 3.9.

TABELA 3.9: Modelo de matriz de transição P' ($h\tau$), para tempos $h\tau$ ($h = 0, 1, \dots$).

		PARA															
		Z_1	...	Z_i	...	Z_n	X_0	X_1	...	X_i	...	X_n	T_1	...	T_j	...	T_n
DE	Z_1						1										
	\vdots						\vdots										
	Z_i						1										
	\vdots						\vdots										
	Z_n						1										
	X_0						1										
	X_1	b_{10}						a_1					b_{11}	...	b_{1j}	...	b_{1n}
	\vdots		\ddots						\ddots				\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
	X_i			b_{i0}					a_i				b_{i1}	...	b_{ij}	...	b_{in}
	\vdots				\ddots					\ddots			\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
	X_n					b_{n0}					a_n		b_{n1}	...	b_{nj}	...	b_{nn}
	T_1							1									
	\vdots								\ddots								
T_j									1								
\vdots										\ddots							
T_n											1						

Fonte: Barber et al (1979).

Na matriz mostrada na Tabela 3.9, os dados em branco correspondem a zeros e os valores de b_{ij} são dados pela equação 3.79, que representa a probabilidade de uma “partícula” transitar do compartimento j para o i ingressada pelo fluxo F_{ij} (onde contribuirá em última instância no fluxo direto $T_j(\Sigma out)$). Nesta matriz, a_i é a probabilidade que a partícula tem de permanecer no compartimento i (equação 3.80).

$$b_{ij} = \frac{\int_{(h-1)\tau}^{h\tau} F_{ji}(t)dt}{X_i((h-1)\tau) + \sum_{k=0}^n \int_{(h-1)\tau}^{h\tau} F_{ki}(t)dt} \tag{3.79}$$

$$a_i = 1 - \sum_{j=0}^n b_{ij} \tag{3.80}$$

A Figura 3.11 mostra a pasta elaborada na planilha de cálculo para montagem da matriz de transição de entrada P' conforme descrita na Tabela 3.9.

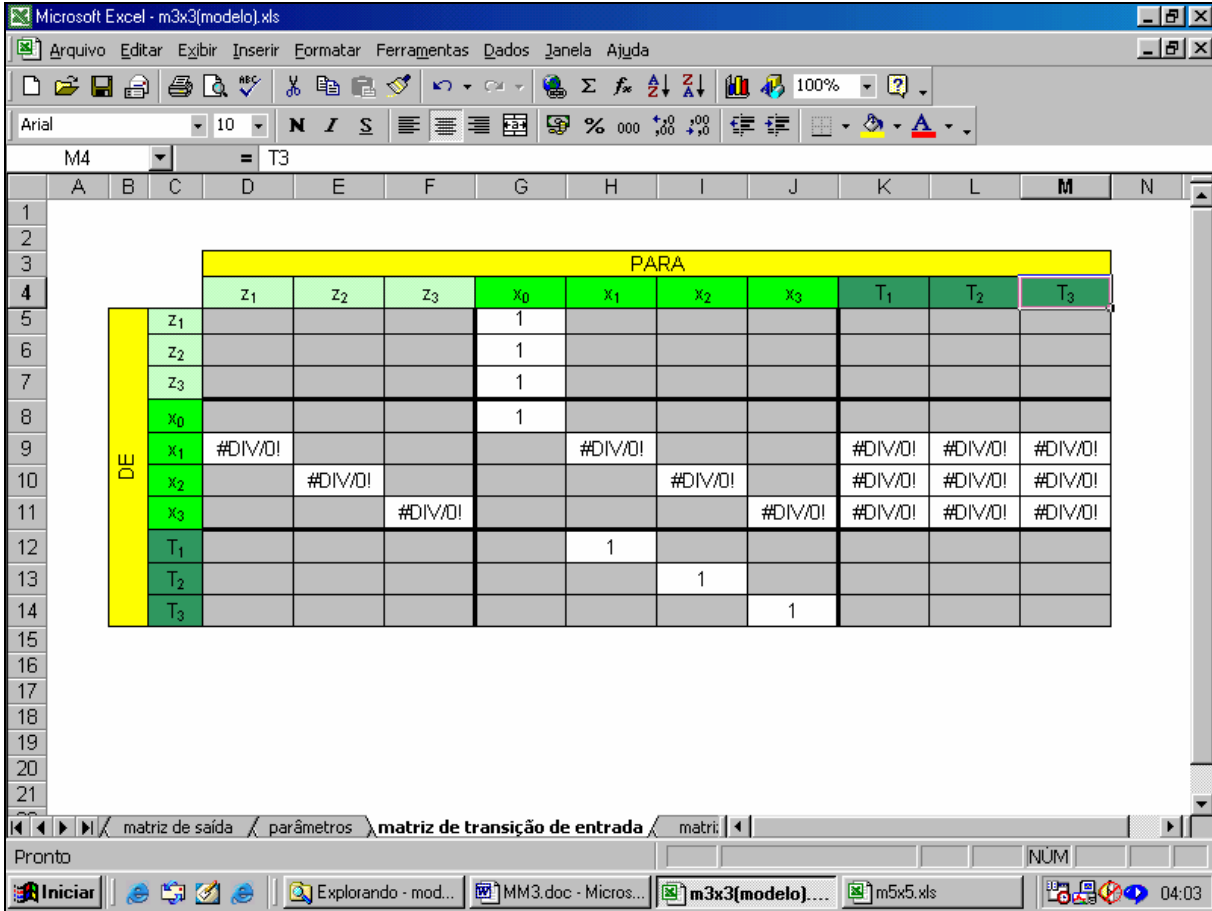


FIGURA 3.11: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo e montagem da matriz de transição de entrada P' (exemplo de uma matriz 3x3).

A uma matriz de transição de um passo (P'), pode ser elaborada utilizando-se as equações 3.79 e 3.80 e o modelo apresentado na Tabela 3.9.

Para análise dos fluxos de *output* a cadeia de Markov $\{\chi(h\tau) \in I_\chi: h = 0, 1, 2, \dots\}$ poderia ser usada, simplesmente, definindo uma matriz de transição “precoce” (Barber, 1978a). Porém, alguns cálculos são facilitados pela cadeia de Markov $\{\xi(h\tau) \in I_\xi\}$, onde I_ξ é o conjunto dado pela equação 3.81.

$$I_\xi = \{X_0, X_1, \dots, X_n, T_0, T_1, \dots, T_n\} \tag{3.81}$$

Neste conjunto (3.81), X_0 representa o sistema ambiental; X_j o compartimento j ($j = 1, \dots, n$) e T_j o fluxo direto computando as somas dos *inputs* como mostrado na equação 3.82.

$$T_j(\Sigma in) = \sum_{i=1}^n F_{ij} \tag{3.82}$$

Assim, a única diferença entre $\{\xi(h\tau)\}$ e $\{\chi(h\tau): h = 0, 1, 2, \dots\}$ é o modo como elas avaliam as transferências intercompartimentais. Isto quer dizer que, embora $\chi(h\tau) = \xi(h\tau) = X_j$ para qualquer j , se $\chi(h\tau) = T_j \in I_\chi$ então $\xi(h\tau) = T_k \in I_\xi$. Como no caso anterior, para se elaborar uma matriz de transição com um passo $P''(h\tau)$ é apropriado considerar $\{\xi(h\tau)\}$ para cada tempo $h\tau$ ($h = 0, 1, 2, \dots$), conforme mostrado na Tabela 3.10.

TABELA 3.10: Modelo de matriz de transição $P''(h\tau)$, para tempos $h\tau$ ($h = 0, 1, \dots$).

		PARA										
		x_0	x_1	...	x_i	...	x_n	T_0	...	T_j	...	T_n
DE	x_0	1										
	x_1		a_1					b_{10}	...	b_{1j}	...	b_{1n}
	\vdots			\ddots				\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
	x_i				a_i			b_{i0}	...	b_{ij}	...	b_{in}
	\vdots					\ddots		\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
	x_n						a_n	b_{n0}	...	b_{nj}	...	b_{nn}
	T_0											
	\vdots											
	T_i											
	\vdots											
T_n												

Fonte: Barber et al (1979)

Na Tabela 3.10 I é a matriz identidade, os espaços em branco denotam zeros, b_{ij} (calculado pela equação 3.83) representa a probabilidade de um “partícula” passar do compartimento i para o j tendo entrado pelo fluxo F_{ij} (que é derivado do fluxo direto $T_j(\Sigma in)$), e a_i é calculado como mostrado na equação 3.80 e denota a probabilidade que a partícula permanecerá no compartimento i .

$$b_{ij} = \frac{\int_{h\tau}^{(h+1)\tau} F_{ij}(t) dt}{X_i(h\tau) + \sum_{k=0}^n \int_{h\tau}^{(h+1)\tau} F_{ki}(t) dt} \tag{3.83}$$

Como no caso da matriz P' , a matriz de transição P'' de um passo para análise do modelo de *output*, é elaborada calculando-se os seus parâmetros conforme as equações 3.80 e 3.83 (e utilizando-se o modelo mostrado na Tabela 3.10), com $\tau = 1$ unidade de tempo. Da mesma forma que a matriz de transição de entrada, foi elaborada uma pasta na planilha de cálculo para montagem da matriz P'' (Figura 3.12).

		PARA							
		x_0	x_1	x_2	x_3	T_0	T_1	T_2	T_3
DE	x_0	1,00							
	x_1		#DIV/0!			#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	x_2			#DIV/0!		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	x_3				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	T_0	1							
	T_1		1						
	T_2			1					
	T_3				1				

FIGURA 3.12: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo e montagem da matriz de transição de saída P'' (exemplo de uma matriz 3x3).

3.3.4.2. Parâmetros de interpretação das matrizes de transição

Através da análise de *input* pode-se determinar características históricas dos fluxos dos sistemas em estudo. Considerando-se $V'_{ij}(h\tau)$ uma variável aleatória que indica o número de vezes que uma “partícula” de $i \in S$, onde $S = I_x - X_0$, freqüentou $j \in S$, desde o momento em que esta entrou no sistema ambiental X_0 ; e $e'_{ij}(h\tau)$ seja a média ou expectativa de $V'_{ij}(h\tau)$; algumas quantidades podem ser medidas.

a) **Tempo de residência**^{3.8}: é o tempo, em unidades de τ , que “partículas” em X_i no tempo $h\tau$ gastaram em X_j desde sua entrada no sistema (equação 3.84). Pode-se expressar também o tempo que as “partículas” em X_i no tempo $h\tau$ permaneceram dentro do sistema desde sua última entrada através da equação 3.85. E a média da equação 3.85 é dada pela equação 3.86 (a variância da equação 3.85 também pode ser calculada).

$$RT'_{X_i, X_j}(h\tau) = V'_{X_i, X_j}(h\tau) \quad (3.84)$$

$$RT'_{X_i, S}(h\tau) = \sum_{j=1}^n V'_{X_i, X_j}(h\tau) \quad (3.85)$$

$$ERT'_i(h\tau) = \sum_{j=1}^n e'_{X_i, X_j}(h\tau) \quad (3.86)$$

b) **Número de transferências intercompartimentais**^{3.9}: é o número de vezes que a “partícula” em X_i no tempo $h\tau$ passou por X_j desde a mais recente entrada no sistema (equação 3.87). O número total de compartimentos pelo qual uma “partícula” em X_i no tempo $h\tau$ foi transferida desde sua mais recente entrada no sistema é dada pela equação 3.88. A média pode ser calculada utilizando-se a equação 3.89, e como no item anterior pode-se calcular também sua variância.

$$IT'_{X_i, X_j}(h\tau) = V'_{X_i, T_j}(h\tau) \quad (3.87)$$

$$IT'_{X_i, S}(h\tau) = \sum_{j=1}^n V'_{X_i, T_j}(h\tau) \quad (3.88)$$

$$EIT'_i(h\tau) = \sum_{j=1}^n e'_{X_i, T_j}(h\tau) \quad (3.89)$$

^{3.8} A simbologia utilizada para indicar tempo de residência será RT (*residence time*).

^{3.9} A simbologia utilizada para indicar número de transferências intercompartimentais será IT (*intercompartmental transfers*).

c) **Origem do *input***^{3.10}: é a probabilidade que uma “partícula” em X_i no tempo $h\tau$ de entrar no sistema pelo fluxo de entrada F_{0j} , desde sua mais recente entrada. O cálculo desta probabilidade é dado pela equação 3.90.

$$IO'_{X_i, Z_j}(h\tau) = e'_{X_i, Z_j}(h\tau) \quad (3.90)$$

d) **Eficiência de ciclagem**^{3.11}: é a eficiência com que as “partículas” em X_i no tempo $h\tau$ são cicladas, podendo ser definida como a probabilidade que uma “partícula” X_i no tempo $h\tau$ já estava em X_i desde sua última entrada no sistema. Esta probabilidade para estado estacionário pode ser expressa conforme equação 3.91.

$$CE'_i(h\tau) = P[V'_{X_i, T_i}(h\tau) > 1] = \frac{e'_{X_i, T_i}(h\tau)}{[e'_{X_i, T_i}(h\tau) + 1]} \quad (3.91)$$

3.3.4.3. Análise estocástica de *input*

A matriz $Q'(h\tau)$ é análoga a $\tilde{Q}'(t)$ de análise de fluxo determinístico formada, entretanto, por $\tilde{P}'(h\tau)$. Logo, a matriz $N'(h\tau)$ também é análoga a $\tilde{N}'(t)$ do método determinístico, sendo determinada para sistemas em estado estacionário como mostrado na equação 3.92.

$$\tilde{N}'(h\tau) = \left[\tilde{I} - \tilde{Q}'(h\tau) \right]^{-1} = \sum_{k=0}^{\infty} \prod_{j=0}^k \tilde{Q}'((h-j)\tau) \quad (3.92)$$

Os elementos de $\tilde{N}'(h\tau)$ são as médias $e'_{ij}(h\tau)$ de $V'_{ij}(h\tau)$. Uma matriz de variância também pode ser computada dado $\tilde{N}'(h\tau)$.

Uma matriz combinada das médias e variâncias para analisar e mostrar os parâmetros de avaliação foi elaborada na planilha de cálculo e está demonstrada na Figura 3.13.

^{3.10} A simbologia utilizada para indicar origem de *input* será IO (*input origin*).

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled 'm3x3(modelo).xls'. The spreadsheet is set up for calculating means and variances for a 3x3 model. The columns are labeled x_1 , x_2 , and x_3 . The rows are labeled z_1 , z_2 , z_3 , x_1 , x_2 , x_3 , Σx , T_1 , T_2 , T_3 , and ΣT . The cells contain '#DIV/0!' errors, indicating that the formulas are not yet calculated or are incorrect. The spreadsheet is displayed in a window titled 'Microsoft Excel - m3x3(modelo).xls' with a standard menu bar and toolbar. The status bar at the bottom shows 'Pronto' and the time '05:47'.

FIGURA 3.13: Modelo de planilha (Microsoft® Excel) para cálculo das médias e variâncias e para auxílio na análise dos parâmetros estocásticos (exemplo de uma matriz 3x3).

No caso da análise estocástica, não é possível determinar tabelas simples como no caso dos processos determinísticos, pois cada avaliação decorre de uma interpretação dos dados fornecidos pelas matrizes de variância e média.

3.3.4.4. Análise estocástica de *output*

A análise estocástica de *output* segue analogamente a metodologia de análise de *input*, e preocupa-se com aspectos futuros dos fluxos. Considera-se que $V''_{ij}(\tau)$ denota o número de vezes que uma “partícula” em $i \in S$ freqüentará $j \in S$ antes de sair do sistema ambiental X_0 . Então, como antes, os instantes ou momentos podem ser computados. A matriz $Q''(\tau)$ é

^{3.11} A simbologia utilizada para indicar eficiência de ciclagem será CE (*cycling efficiency*).

formada por $\tilde{P}''(h\tau)$, sendo que a estrutura da matriz $\tilde{N}''(h\tau)$, para sistemas em estado estacionário, é dada pela equação 3.93.

$$\tilde{N}''(h\tau) = \left[\tilde{I} - \tilde{Q}''(h\tau) \right]^{-1} = \sum_{k=0}^{\infty} \prod_{j=0}^k \tilde{Q}''((j+h)\tau) \quad (3.93)$$

Os elementos de $\tilde{N}''(h\tau)$ são as médias $e''_{ij}(h\tau)$ de $V''_{ij}(h\tau)$, sendo que, conforme Barber (1978a), a matriz de variância também pode ser calculada. Então, quantidades similares como antes (tempo de residência, número de transferências, destino de output e eficiência de ciclagem), pertencendo ao sistema futuro, podem ser calculadas substituindo-se $V''_{ij}(h\tau)$ e $e''_{ij}(h\tau)$ nas equações 3.84, 3.85, 3.86, 3.87, 3.88, 3.89, 3.90 e 3.91. As notações de *output* para estas quantidades são $RT''_{ij}(h\tau)$, $IT''(h\tau)$, $IO''_{ij}(h\tau)$ e $CE''_i(h\tau)$. Neste caso foi montado uma matriz similar à apresentada na Figura 3.13, somente considerando os dados da matriz de saída.

Da mesma forma que no item anterior o processo de análise deve ser feito através de interpretação dos dados, não podendo ser simplesmente tabelado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo está dividido em três grandes partes: a primeira trata dos dados bibliográficos que serviram de base para calibração do modelo em estudo e seus respectivos resultados, a segunda parte diz respeito a consolidação dos dados obtidos por Cardoso (2001) referentes a Lagoa Itapeva e finalmente, a terceira parte traz a aplicação da metodologia de *input-output* aos dados da Lagoa Itapeva.

4.1. Dados bibliográficos

Como salientado no item 3.1 foram selecionados alguns fluxogramas para servirem de exemplo de cálculo e fornecerem dados e/ou correções para os modelos experimentais, estes modelos serão identificados como exemplos teóricos.

4.1.1. Características dos exemplos teóricos

Dos modelos testados e estudados foram selecionados sete fluxogramas. A seguir estão descritos detalhadamente estes fluxogramas, com suas características e observações como também seus dados referentes aos fluxos de matéria ou energia. A identificação segue o que classificação proposta no item 3.1.

4.1.1.1. Fluxo de nitrogênio em floresta tropical (M05FT)

Este fluxo é um dos mais conhecidos na literatura sobre balanço material, é apresentado nos trabalhos de Barber et al (1979), Patten et al (1976) e Edmister (1970) *apud* Finn (1976), e representa o fluxo de nitrogênio em uma floresta tropical. A Figura 4.1 apresenta de forma esquemática este fluxo, onde se pode observar os 5 compartimentos que fazem parte deste ecossistema, além de suas interações.

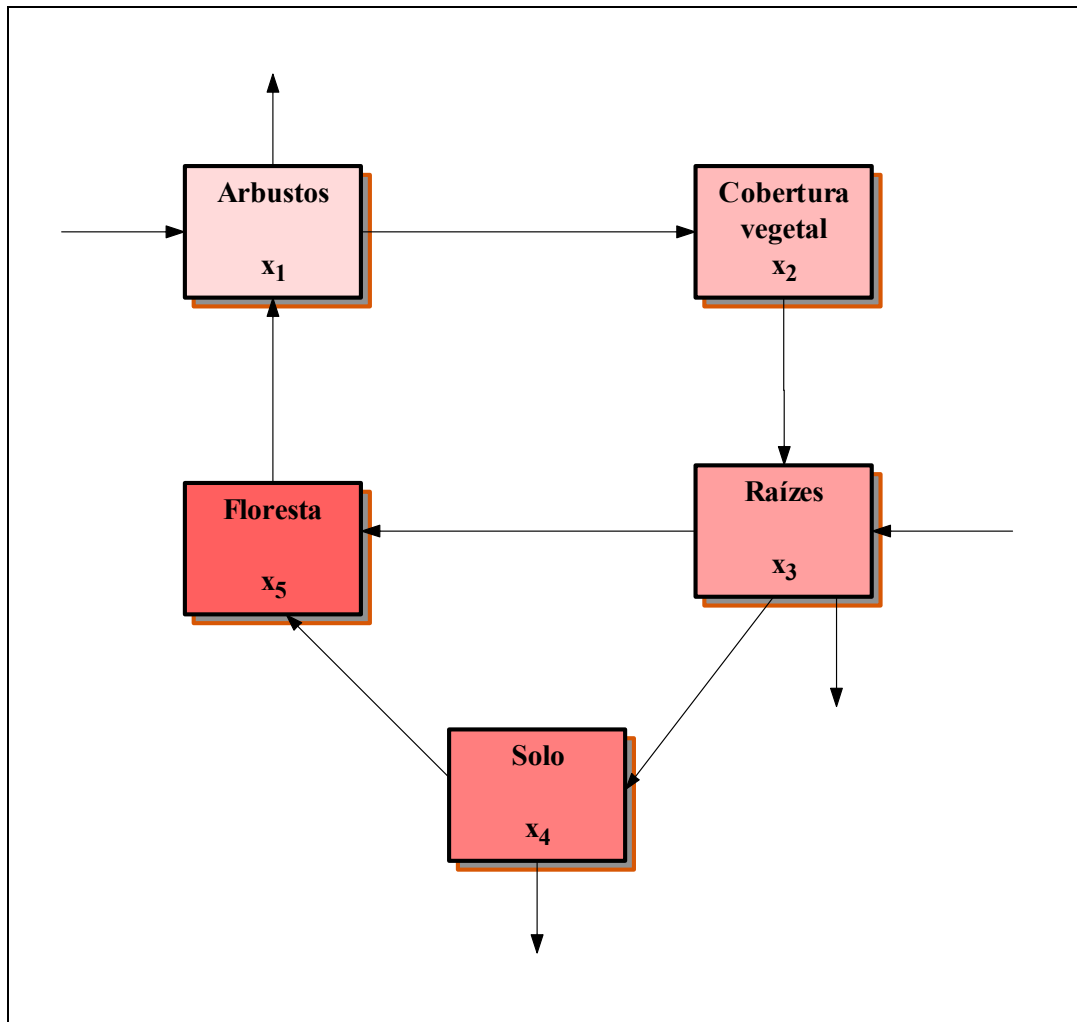


FIGURA 4.1: Esquema de fluxo de nitrogênio em uma floresta tropical.

Fonte: Finn (1976)

Este fluxo apresenta como uma de suas principais características, o fato de ser um fluxo parcialmente fechado. As interações com o meio externo somente ocorrem nos compartimentos 1, 3 e 4 (sendo que este último somente fornece matéria para o meio). Os fluxos são apresentados em $\text{g N.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, e os compartimentos apresentam valores em gN.m^{-2} . A Tabela 4.1 apresenta os dados referentes ao modelo M05FT para os fluxos entre os compartimentos, e a Tabela 4.2 o fluxo entre os compartimentos e o meio externo, bem como os valores armazenados em cada compartimento.

TABELA 4.1: Tabela dos fluxos de nitrogênio entre os compartimentos do modelo M05FT em $\text{g N.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$.

		PARA				
		1	2	3	4	5
DE	1	0,00	16,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	16,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	9,20	3,60
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	6,60
	5	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Barber et al (1979) e Finn (1976).

TABELA 4.2: Tabela dos fluxos de nitrogênio entre os compartimentos e o meio externo em $\text{g N.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, e valores de nitrogênio armazenados em cada compartimento do modelo M05FT em g N.m^{-2}

	COMPARTIMENTO				
	1	2	3	4	5
ENTRADA	7,50	0,00	2,70	0,00	0,00
SAÍDA	1,70	0,00	5,90	2,60	0,00
VALORES ARMAZENADOS	15,20	12,60	3,20	1194,00	104,60

Fonte: Barber et al (1979) e Finn (1976).

4.1.1.2. Fluxo de energia em Silver Spring (E05SS)

Este modelo apresenta o fluxo de energia no banhado de Silver Spring (Flórida), que foi apresentado inicialmente por Odum (1957), adaptado por Hannon (1973) e estudado por diversos autores, como Finn (1985) e Braner (1985).

A Figura 4.2 apresenta de forma esquemática este fluxo, onde o compartimento 1 apresenta os produtores primários, incluindo algas (*Sagittaria lorata*) e macrófitas, o compartimento 2, os herbívoros incluindo mosquitos, mosca d'água, caracóis, camarões, tartarugas, entre outros; e o compartimento 3 os carnívoros incluindo os celenterados, diversas espécies de peixes e invertebrados. Os compartimentos 4 e 5 apresentam os carnívoros superiores (por exemplo o peixe agulha) e os decompositores (bactérias) respectivamente. Alguns peixes como a Carpa (*Lempomis punctatis*) foram divididos entre os herbívoros e carnívoros. Os fluxos de entrada estão caracterizados nos compartimentos 1 e 2. Os fluxos direcionados ao compartimento 5 (decompositores) são caracterizados pelo fluxo

decorrente da mortalidade ou de alimentos não assimilados. Os fluxos de saída incluem respiração e a perda para o meio aquoso (*downstream*).

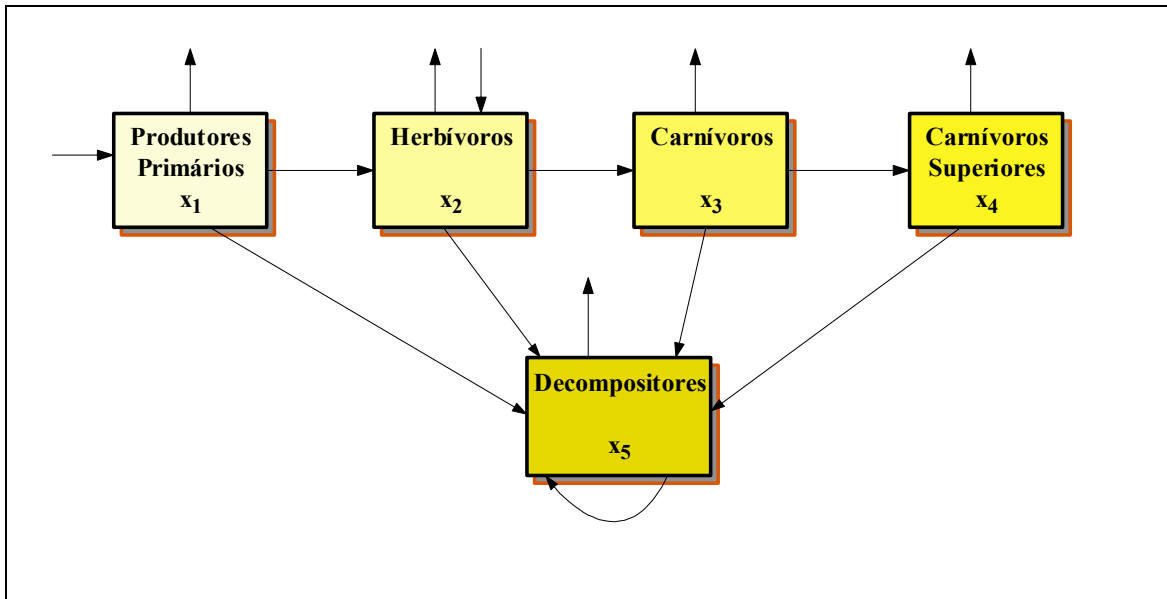


FIGURA 4.2: Fluxo de energia de Silver Springs – Flórida.

Fonte: Finn (1985).

As Tabelas 4.3 e 4.4 apresentam os fluxos intercompartimentais e as interações com o meio externo respectivamente. Os fluxos são expressos em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$. Neste exemplo, em nenhuma das referências são citadas as taxas de acúmulo, em função disto a Tabela 4.4 apresenta apenas os fluxos de entrada e saída nos compartimentos.

TABELA 4.3: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos do modelo E05SS em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$.

		PARA				
		1	2	3	4	5
DE	1	0,00	2874,00	0,00	0,00	3455,00
	2	0,00	0,00	382,00	0,00	1095,00
	3	0,00	0,00	0,00	21,00	46,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	460,00

Fonte: Finn (1985).

TABELA 4.4: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos e o meio externo em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ para o modelo E05SS.

COMPARTIMENTO					
	1	2	3	4	5

ENTRADA	20810,00	494,00	0,00	0,00	0,00
SAÍDA	14481,00	1891,00	315,00	15,00	4602,00

Fonte: Finn (1985).

A principal diferença entre o modelo E05SS e o modelo M05FT, é que no E05SS além de existir um *loop* (compartimento 5), os demais compartimentos convergem seus fluxos para este (5), o que não ocorre no modelo M05FT onde, como visto anteriormente, os compartimentos estão interligados e o fluxo de matéria circula entre todos.

4.1.1.3. Fluxo de energia em Cone Spring (E05CS)

Este fluxo de energia, é bastante semelhante ao mostrado no item anterior, possui 5 compartimentos interligados e uma série de inferência ao meio externo. Contudo, neste modelo (Figura 4.3) existe um sistema cíclico entre os compartimentos 2, 3, 4 e 5; isto caracteriza um sistema semi-autônomo. O compartimento 1 neste caso fica isolado dos demais, interagindo somente com o compartimento 2. Este modelo é discutido e apresentado por Finn (1976) e Ulanowicz (1983), sendo que ambos basearam-se nos estudos realizados por Tilly em 1968.

Segundo as discussões feitas por Finn e Ulanowicz (Finn, 1976 e Ulanowicz, 1983), o compartimento 1 inclui todos os produtores primários, o compartimento 2 é composto pelos detritos, o 3 inclui bactérias associadas com detritos (este compartimento foi acrescido pelos autores citados, no estudo original este compartimento era subdividido entre os compartimentos 2 e 4), o compartimento 4 caracteriza os organismos detritívoros e por fim, no compartimento 5 tem-se os carnívoros. Existem apenas dois fluxos de entrada no sistema: no compartimento 1 (produção primária) e no compartimento 2 (importação de matéria orgânica).

Os fluxos de saída dos compartimentos no modelo E05CS, representam a respiração, sendo que nos compartimentos 1 e 3 além da respiração existe trocas com o meio externo. O fluxo de saída no compartimento 2 é caracterizado pela perda de água ou simplesmente exportação de matéria. Em relação aos fluxos internos, observa-se que entre os compartimentos 3 e 2, 4 e 2 e ainda entre 5 e 4, tem-se fluxos referentes à alimentação, já nos

fluxos entre os compartimentos 2 e 3, 2 e 4 e 2 e 5 são fluxos referentes à mortalidade ou excreção.

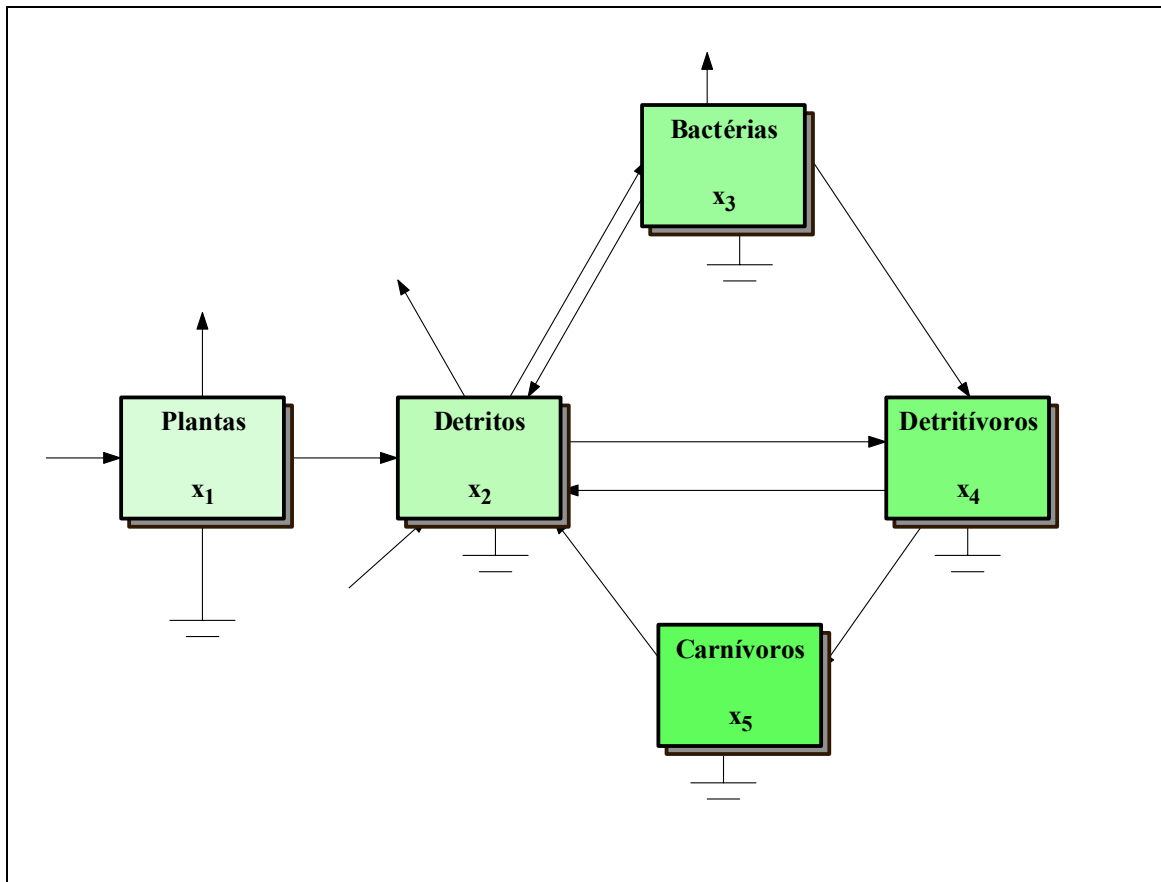


FIGURA 4.3: Fluxo de energia de Cone Spring – Flórida.

Fonte: Ulanowicz (1983).

As Tabelas 4.5 e 4.6 apresentam os dados de fluxo entre os compartimentos e os dados de entrada e saída, respectivamente. Em relação à Tabela 4.6, o fluxo referente à respiração está caracterizado separadamente do fluxo de saída. Como no exemplo apresentado anteriormente, neste caso (E05CS) também não foram encontrados dados referentes ao acúmulo ocorrido em cada compartimento.

4.1.1.4. Fluxo de energia em Hubbard Brook (E06HB)

Este fluxo de energia (Figura 4.4), é composto por 6 compartimentos, e caracteriza um ecossistema terrestre. A rede energética da floresta Hubbard Brook, estudada inicialmente por Gosz et al. (1978) é problemática, pois representa uma cadeia que não está em estado estacionário ou em equilíbrio biológico, mas é um ecossistema que acumula

significativamente energia em alguns dos compartimentos. Este ecossistema também foi estudado por inúmeros autores (Finn, 1980 e Braner, 1985), em função destas características e em decorrência da quantidade de informações pertinentes a este ecossistema, que na realidade é uma área destinada a estudos ecossistêmicos da Universidade da Flórida.

TABELA 4.5: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos do modelo E05CS em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$.

		PARA				
		1	2	3	4	5
DE	1	0,00	8881,40	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	5204,50	2309,20	0,00
	3	0,00	1600,20	0,00	75,10	0,00
	4	0,00	200,00	0,00	0,00	370,10
	5	0,00	167,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Finn (1976).

TABELA 4.6: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos e o meio externo em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, caracterizando o fluxo referente à respiração para o modelo E05CS.

	COMPARTIMENTO				
	1	2	3	4	5
ENTRADA	11184,00	635,00	0,00	0,00	0,00
SAÍDA	300,00	860,00	255,00	0,00	0,00
RESPIRAÇÃO	2002,6	3053,40	3274,90	1814,00	203,10

Fonte: Ulanowicz (1983).

Os fluxos estão apresentados em $\text{kJ.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$. As taxas de acumulação são expressas $\text{kJ.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$. Este arranjo não possui nenhum *loop* aparente, entretanto, isto é subjetivo pois há provavelmente um *loop* entre a matéria orgânica de solo e os detritívoros, e outro entre a pastagem e os detritívoros.

Este sistema é caracterizado por uma grande saída do compartimento 1 (plantas superiores) totalizando $23.949 \text{ kJ.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ e do incremento positivo no armazenamento ($3.983 \text{ kJ.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) neste mesmo compartimento. Segundo Braner (1985), o estudo deste sistema torna-se interessante, pelo fato de que os trajetos que o compõem, tanto energéticos como materiais, serem de pequeno percurso. Isto ocorre provavelmente por causa das grandes perdas pela respiração dos indivíduos autotróficos e dos heterotróficos em cada nível trófico.

As Tabelas 4.7 e 4.8 apresentam todos os valores referentes aos fluxos e aos valores referentes às trocas externas e também à respiração.

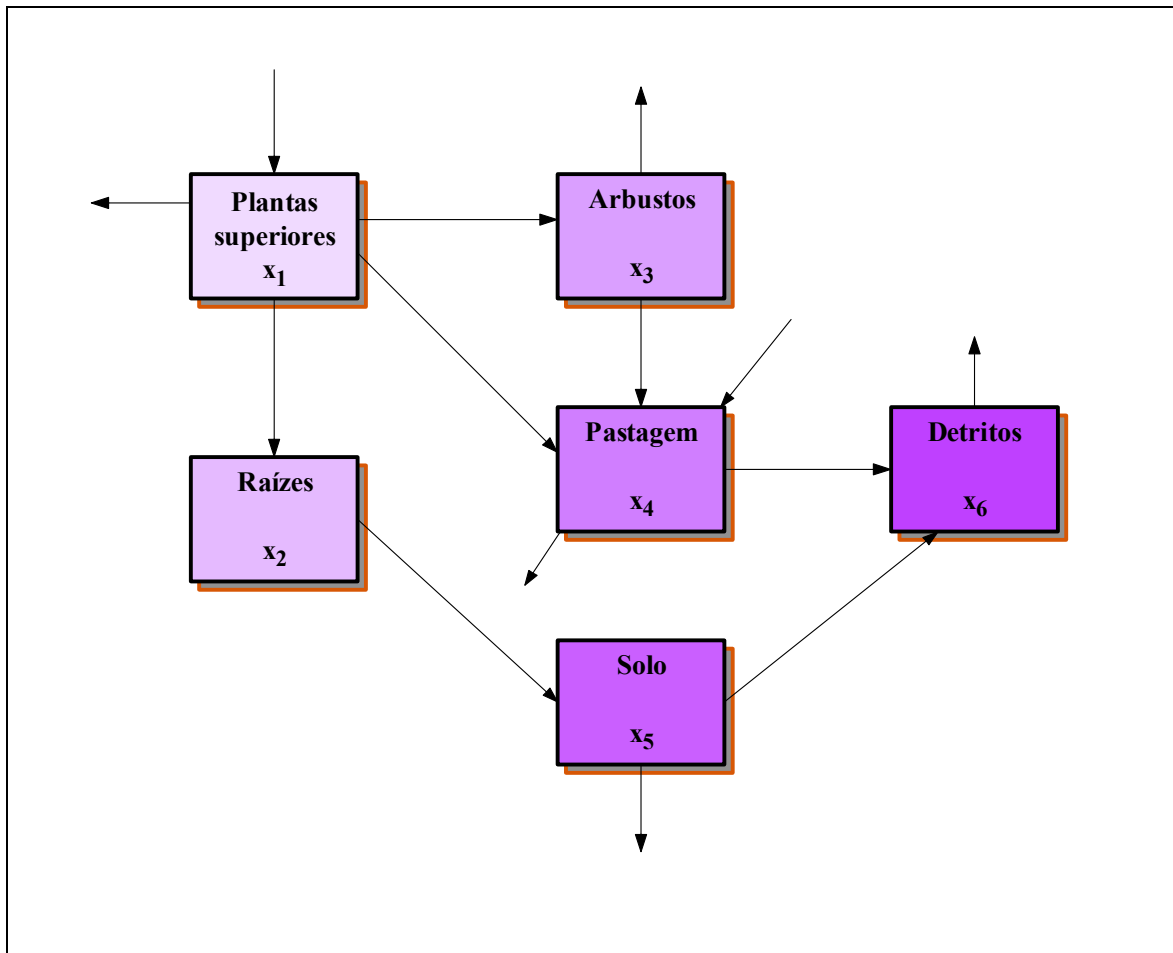


FIGURA 4.4: Fluxo de energia de Hubbard Brook – Flórida.

Fonte: Finn (1980) adaptado de Gosz et al (1978).

TABELA 4.7: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos do modelo E06HB em $\text{kJ.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$.

		PARA					
		1	2	3	4	5	6
DE	1	0,00	2862	172	12548	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	1828,4	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	121	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12174
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1804,6
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Finn (1980).

TABELA 4.8: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos e o meio externo em $\text{kJ.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, caracterizando o fluxo referente à respiração e os valores da energia armazenada em cada compartimento do modelo E06HB em kJ.m^{-2}

COMPARTIMENTO					
1	2	3	4	5	6

ENTRADA	43514	0	0	146	0	0
SAÍDA	17	0	0	13,8		0
RESPIRAÇÃO	23933		50	0	10,9	13979
VALORES ARMAZENADOS	3983	1033	-	628	13	-

Fonte: Braner (1985).

Outro ponto que levou a escolha deste modelo, para representação neste trabalho, é o grande número de informações, além dos dados referentes aos fluxos de energia. São conhecidos, também, dados de transferência de vários nutrientes como cálcio, magnésio, sódio, potássio, enxofre, nitrogênio e fósforo.

4.1.1.5. Fluxo de energia em um sistema coprofágico marinho (E04CM)

Este é um modelo de fluxo energético e que representa uma parte de um ecossistema marinho. O compartimento 1 é composto pelo camarão *Callianassa major*; no compartimento 2 estão os dejetos da *Callianassa major* associados a bactérias, nos compartimentos 3 e 4 estão inclusos a fauna coprofágica bêntica e suas fezes, respectivamente (Figura 4.5).

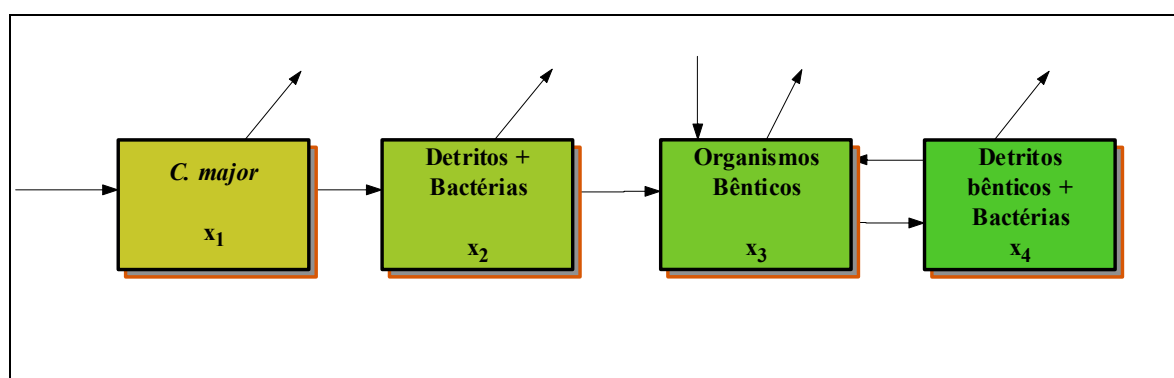


FIGURA 4.5: Modelo coprofágico marinho (fluxo de energia)

Fonte: Frankenberg e Smith (1967).

Os fluxos de saída dos compartimentos 1 e 2, fornecem energia para os consumidores não fecais (parte usado nos compartimentos 1 e 3). Estes fluxos de saída também se caracterizam pelas perdas dos processos respiratórios. Pode-se notar ainda que a fauna coprofágica bêntica consome não somente suas fezes, mas todas as fezes do *Callianassa major*.

As Tabelas 4.9 e 4.10 apresentam, como nos exemplos anteriores os fluxos entre os compartimentos e os fluxos com o meio externo. Neste exemplo não foram encontrados os valores referentes as perdas por respiração, para poder assim diferenciar os valores contidos nos fluxos de saída. Este modelo foi estudado inicialmente por Haven e Morales-Alamo (1966) e Frankenberg e Smith (1967). Sendo que estes estudos serviram de base para trabalhos de Auble et al (1974), Ramsey e Cale (1969) e Williams e Crouthamel (1972), todos citados por Finn (1976).

TABELA 4.9: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos do modelo E04CM em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$.

		PARA			
		1	2	3	4
DE	1	0,00	21,90	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	15,30	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	79,60
	4	0,00	0,00	52,90	0,00

Fonte: Finn (1976).

4.1.1.6. Fluxo de carbono em um modelo de recifes continentais (M14RC)

Este fluxo representa a transferência de carbono em um recife continental (Figura 4.6), sendo baseado em estudos feitos inicialmente por Burns et al. (1991), Pace et al. (1998), Higashi et al (1993a) e Higashi et al (1993b). O fluxo era composto inicialmente por 17 compartimentos, entretanto Higashi et al (1993a) propuseram algumas fusões entre três compartimentos, sendo que o fluxo apresentado ficou composto por um sistema com 14 compartimentos. Os fluxos respiratórios não foram demonstrados.

TABELA 4.10: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos e o meio externo em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ para o modelo E04CM.

	COMPARTIMENTO			
	1	2	3	4
ENTRADA	124,10	0,00	255,50	0,00
SAÍDA	102,20	6,60	244,10	26,70

Fonte: Finn (1976).

As Tabelas 4.11 e 4.12, apresentam os fluxos de carbono entre os 14 compartimentos do modelo em estudo e os valores dos fluxos de entrada no modelo, já que não foram considerados, neste exemplo, fluxos de saída e de respiração.

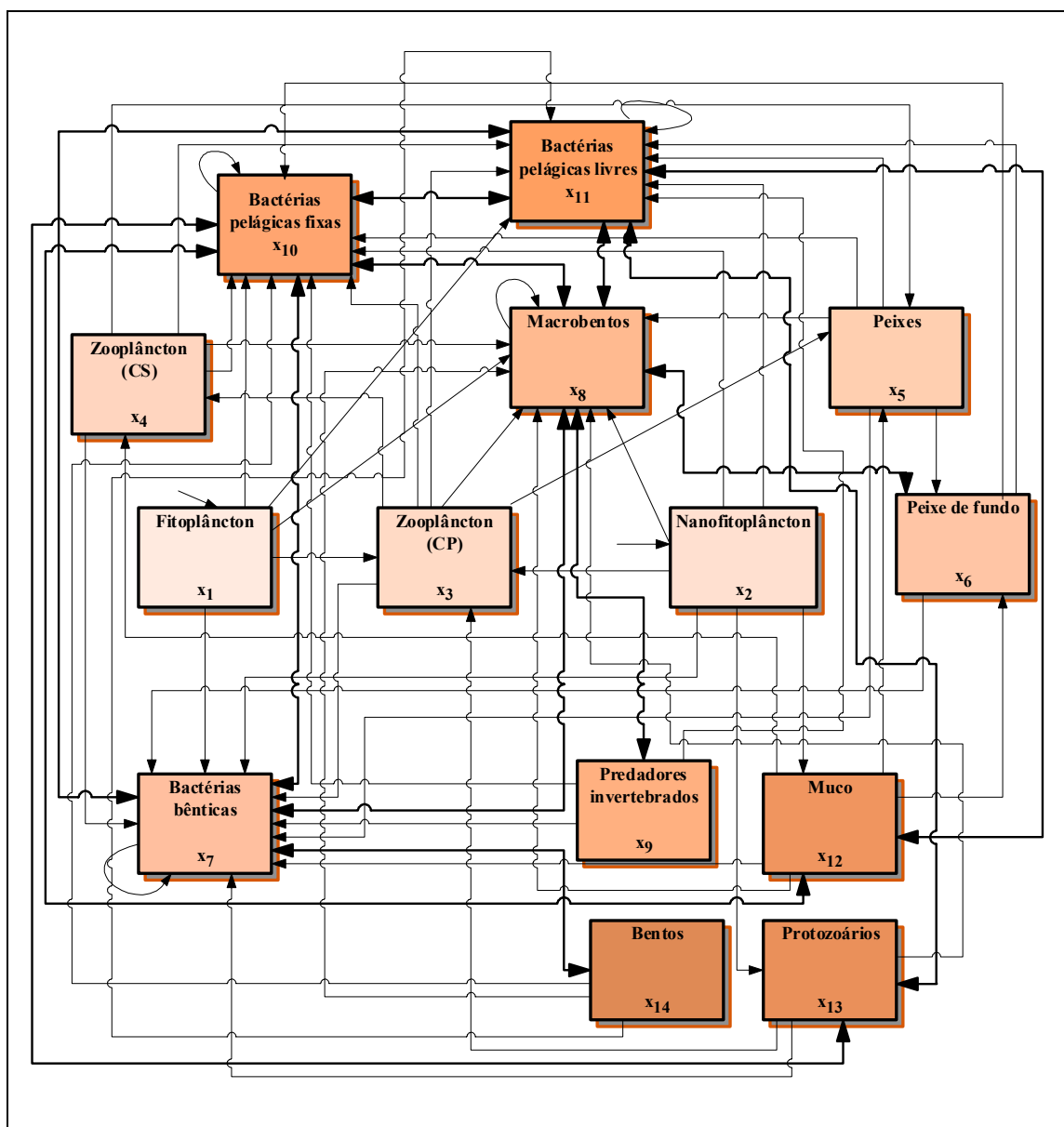


FIGURA 4.6: Fluxo de carbono em um sistema de recifes continentais.

Fonte: Higashi et al (1993a)

TABELA 4.11: Fluxo de carbono entre os compartimentos do modelo M14RC em $\text{gC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$

		PARA													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DE	1	0,00	0,00	11,2	0,00	0,00	0,00	24,50	1,40	0,00	6,30	3,60	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	18,3	0,00	0,00	0,00	39,20	2,30	0,00	10,2	7,80	7,70	17,10	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	7,20	0,50	0,00	4,60	0,30	0,00	1,20	6,50	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,20	0,10	0,00	0,60	2,60	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,004	0,00	0,03	0,20	0,00	0,00	0,00

6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,01	0,00	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,20	28,50	0,00	1,00	10,40	0,00	0,00	10,30
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	3,40	0,20	0,30	0,60	6,30	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,005	0,00	0,003	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,90	0,60	0,00	1,07	3,40	2,90	2,10	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,90	0,50	0,00	2,80	6,80	10,0	7,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	3,40	0,20	0,20	2,40	0,10	0,00	1,10	4,30	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	5,90	0,00	0,00	0,00	2,80	0,20	0,00	0,90	6,10	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,90	0,00	0,20	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Higashi et al (1993a)

TABELA 4.12: Tabela dos fluxos de carbono entre os compartimentos do modelo M14RC e o meio externo em $g\ C.m^{-2}.ano^{-1}$.

		COMPARTIMENTO													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ENTRADA		52,2	113,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Higashi et al (1993a)

4.1.1.7. Fluxo de energia em um recife de ostras (E06RO)

Certamente este é um dos exemplos (Figura 4.7) mais discutidos e apresentados na literatura, quando o tema é ecossistema (Hannon, 1986; Dame e Patten, 1981; Patten, 1985 e Patten e Higashi, 1984).

A Figura 4.7 descreve um modelo de fluxo de energia dado em $kcal.m^{-2}.dia^{-1}$ e o armazenamento representado em $kcal.m^{-2}$, de uma comunidade de ostras existente em um recife. O compartimento 1 é formado pelas ostras americanas (*Crassostrea virginica*) e por mexilhões (*Brachidontes exustus*). As conchas destes moluscos formam uma “carcaça”, criando assim um habitat específico, além de que estes animais filtram as partículas suspensas no ambiente aquático. Estas partículas correspondem à base trófica para a comunidade. O depósito de detritos (compartimento 2) compreende as fezes e as pseudofezes decorrentes da alimentação e dos mecanismos excretores dos mariscos. A microbiota (compartimento 3) consiste em bactérias, leveduras e outros fungos associados ao detrito. A fauna (compartimento 4) é definida pelos animais bênticos, e o “depósito de alimentos” (compartimento 5) consiste na macrofauna que é formada por indivíduos que se alimentam de sedimentos. Os predadores (compartimento 6) são os animais que se beneficiam diretamente da interação com outras formas.

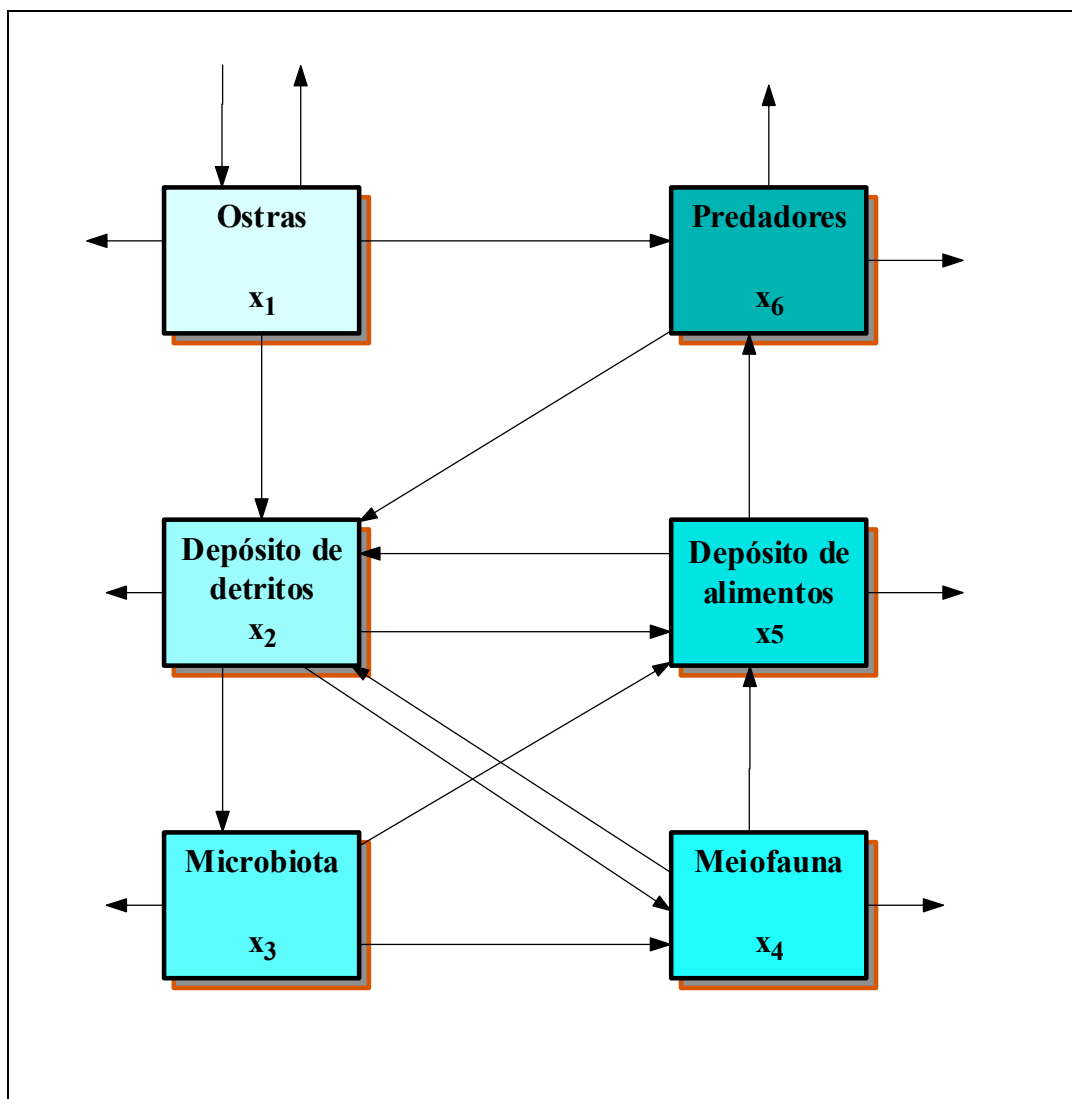


FIGURA 4.7: Modelo de fluxo de um recife de ostras.

Fonte: Patten (1985)

Os processos do fluxo de energia que acoplam estes compartimentos internamente, e também aqueles que fornecem a ligação de entrada e saída para o ambiente, são apresentados nas Tabelas 4.13 e 4.14. A entrada no compartimento 1 consiste basicamente de fitoplânctons e de partículas suspensas e os processos de saída incluem a respiração, mortandade e ressuspensão.

TABELA 4.13: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos do modelo E06RO em $\text{kcal.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

		PARA					
		1	2	3	4	5	6
DE	1	0,00	15,79	0,00	0,00	0,00	0,51
	2	0,00	0,00	8,17	7,27	0,64	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	1,21	1,21	0,00

4	0,00	4,24	0,00	0,00	0,66	0,00
5	0,00	1,91	0,00	0,00	0,00	0,17
6	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Dame e Patten (1981).

TABELA 4.14: Tabela dos fluxos de energia entre os compartimentos e o meio externo em kcal.m⁻².dia⁻¹, caracterizando o fluxo de saída em respiração, mortalidade e suspensão e os valores de energia armazenada em cada compartimento do modelo E06RO em kcal.m⁻²

	COMPARTIMENTO					
	1	2	3	4	5	6
ENTRADA	41,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RESPIRAÇÃO	14,73	0,00	5,75	3,58	0,43	0,30
SUSPENSÃO	0,00	6,19	0,00	0,00	0,00	0,00
MORTALIDADE	10,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
SAÍDA	25,17	6,19	5,75	3,58	0,43	0,35
VALORES ARMAZENADOS	2000,00	1000,00	2,40	24,12	16,27	69,20

Fonte: Dame e Patten (1981).

4.1.2. Aplicação do modelo nos exemplos teóricos

A análise dos dados como descrito no item 3.1, foi realizada inicialmente sobre os exemplos teóricos descritos no item 4.1.1 e posteriormente sobre os modelos desenvolvidos com as informações da Lagoa Itapeva.

4.1.2.1. Análise de *input-output*

Como descrito no item 4.1.1 foram estudados inúmeros modelos teóricos, sendo que foram selecionados 7 (descritos detalhadamente nos itens 4.1.1.1, 4.1.1.2, 4.1.1.3, 4.1.1.4, 4.1.1.5, 4.1.1.6 e 4.1.1.7), para serem apresentados.

Nas planilhas de análise os dados foram compilados e através das matrizes de entrada (N') e de saída (N''), as matrizes de transição (P' e P'') e foram obtidos os diversos parâmetros descritos nos itens 3.3.2 e 3.3.4.2 para os determinísticos e estocásticos respectivamente.

Para exemplificar as montagens das matrizes que servem de base de cálculo para a determinação dos parâmetros determinísticos e estocásticos, foi escolhido ao acaso o exemplo teórico M05FT (Fluxo de nitrogênio em floresta tropical). Este exemplo, como descrito no item 4.1.1.1, é composto por cinco compartimentos, neste item também estão descritos os dados que foram utilizados na planilha de dados (Figura 4.8).

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

FLUXOS DE ENTRADA E SAÍDA

COMPARTIMENTO	1	2	3	4	5
ENTRADA	7,50	0,00	2,70	0,00	0,00
SAÍDA	1,70	0,00	5,90	2,60	0,00

FLUXOS ENTRE COMPARTIMENTOS

	PARA	1	2	3	4	5
DE 1	0,00	16,00	0,00	0,00	0,00	
DE 2	0,00	0,00	16,00	0,00	0,00	
DE 3	0,00	0,00	0,00	9,20	3,60	
DE 4	0,00	0,00	0,00	0,00	6,60	
DE 5	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	

VALORES ARMAZENADOS

COMPARTIMENTO	1	2	3	4	5
VALOR	15,20	12,60	3,20	1194,00	104,60

FIGURA 4.8: Planilha de dados do modelo M05FT.

Com os dados colocados na planilha mostrada na Figura 4.8, as matrizes de entrada (N') e de saída (N'') foram elaboradas automaticamente. A Figura 4.9 mostra a matriz N' e todas as matrizes que deram origem a ela, da mesma forma a Figura 4.10 mostra a matriz N'' e toda as matrizes de origem.

Através das matrizes N' e N'' , uma série de informações podem ser observadas. Exemplificando, pode-se observar na matriz N' o elemento $n'_{25} = 1,69$, este representa o fluxo direto fora do compartimento 2 exigido para gerar uma unidade de *output* do compartimento 5. Isto é, também, o fluxo total propagado do compartimento 2 para o compartimento 5 para sustentar cada unidade do fluxo de saída do compartimento 5. E, ainda, uma unidade de fluxo do compartimento 5 que passou através do compartimento 2 este número de vezes desde a entrada no sistema.

Microsoft Excel - m5x5.xls

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

Arial 10

P16 = 5

MATRIZ DE ORIGEM

	PARA				
	1	2	3	4	5
DE 1	0,00	16,00	0,00	0,00	0,00
DE 2	0,00	0,00	16,00	0,00	0,00
DE 3	0,00	0,00	0,00	9,20	3,60
DE 4	0,00	0,00	0,00	0,00	6,60
DE 5	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00
T	17,70	16,00	16,70	9,20	10,20

MATRIZ Q

	PARA				
	1	2	3	4	5
DE 1	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
DE 2	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00
DE 3	0,00	0,00	0,00	1,00	0,35
DE 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65
DE 5	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00

MATRIZ I

	1	2	3	4	5
1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

MATRIZ I-Q

	PARA				
	1	2	3	4	5
DE 1	1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
DE 2	0,00	1,00	-0,86	0,00	0,00
DE 3	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,35
DE 4	0,00	0,00	0,00	-1,00	-0,65
DE 5	-0,58	0,00	0,00	0,00	1,00

MATRIZ N

	PARA				
	1	2	3	4	5
DE 1	1,97	1,97	1,69	1,69	1,69
DE 2	0,97	1,97	1,69	1,69	1,69
DE 3	1,14	1,14	1,97	1,97	1,97
DE 4	0,74	0,74	0,63	1,63	1,28
DE 5	1,14	1,14	0,97	0,97	1,97

Pronto

NUM

03:00

FIGURA 4.9: Planilha correspondente a matriz de entrada N' do modelo M05FT.

Microsoft Excel - m5x5.xls

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

Arial 10

P14 = 5

MATRIZ DE ORIGEM

	PARA				
	1	2	3	4	5
DE 1	0,00	16,00	0,00	0,00	0,00
DE 2	0,00	0,00	16,00	0,00	0,00
DE 3	0,00	0,00	0,00	9,20	3,60
DE 4	0,00	0,00	0,00	0,00	6,60
DE 5	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00
T	17,70	16,00	16,70	9,20	10,20

MATRIZ Q

	PARA				
	1	2	3	4	5
DE 1	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00
DE 2	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
DE 3	0,00	0,00	0,00	0,49	0,19
DE 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72
DE 5	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

MATRIZ I

	1	2	3	4	5
1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

MATRIZ I-Q

	PARA				
	1	2	3	4	5
DE 1	1,00	-0,90	0,00	0,00	0,00
DE 2	0,00	1,00	-1,00	0,00	0,00
DE 3	0,00	0,00	1,00	-0,49	-0,19
DE 4	0,00	0,00	0,00	-1,00	-0,72
DE 5	-1,00	0,00	0,00	0,00	1,00

MATRIZ N

	PARA				
	1	2	3	4	5
DE 1	1,97	1,78	1,78	0,88	0,97
DE 2	1,08	1,97	1,97	0,97	1,08
DE 3	1,08	0,97	1,97	0,97	1,08
DE 4	1,42	1,28	1,28	1,63	1,42
DE 5	1,97	1,78	1,78	0,88	1,97

Pronto

NUM

03:02

FIGURA 4.10: Planilha correspondente a matriz de saída N'' do modelo M05FT.

Para exemplificar na matriz N'', considerar-se-á o elemento $n''_{25} = 1,08$. Este elemento representa o fluxo direto no compartimento 5, gerado por uma unidade de *input* para o compartimento 2. É o fluxo que passa do compartimento 2 ao compartimento 5 devido a uma

unidade de *input no compartimento 2*. Também, é o número de vezes que uma unidade de fluxo do compartimento 2 atravessará o compartimento 5, antes de deixar o sistema.

Através dos dados destas duas matrizes (N' e N''), foram determinados os parâmetros determinísticos correspondentes ao modelo M05FT, que serão discutidos posteriormente.

Para a determinação dos parâmetros estocásticos foram elaboradas as matrizes de transição P' e P'' que estão apresentadas nas Figuras 4.11 e 4.12 respectivamente, onde P' corresponde à matriz de transição de entrada e P'' a matriz de transição de saída.

		PARA																
		z ₁	z ₂	z ₃	z ₄	z ₅	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	
DE	z ₁						1											
	z ₂						1											
	z ₃						1											
	z ₄						1											
	z ₅						1											
	x ₀						1											
	x ₁		0,23					0,46						0,00	0,00	0,00	0,00	0,31
	x ₂			0,00					0,44					0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
	x ₃				0,12					0,15				0,00	0,73	0,00	0,00	0,00
	x ₄					0,00					0,99			0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
x ₅						0,00					0,91		0,91	0,00	0,00	0,03	0,06	0,00
T ₁							1											
T ₂								1										
T ₃									1									
T ₄										1								
T ₅											1							

FIGURA 4.11: Planilha correspondente a matriz de transição de entrada P' do modelo M05FT.

Tanto a matriz P' como a matriz P'' , apresentadas nas Figura 4.11 e 4.12 mostram uma matriz de transição de um passo, a evolução desta matriz requer a sua multiplicação pelo número de vezes que se pretende estudar como por exemplo a n , caso se queira determinar o ponto de estabilização dos dados, considerando-se n uma unidade de tempo, por exemplo.

Em relação a interpretação dos dados determinísticos, é importante o conhecimento das condições de cada exemplo. Neste caso em estudo a interpretação não consistiu uma avaliação da condição hidrobiológica de cada modelo, mas sim da sua implementação numérica como modelo. Assim os parâmetros estão apresentados em tabelas e possuem uma

pequena explanação quanto ao seu significado e comparação. Esta distribuição, dos resultados, está dividida para cada modelo teórico em estudo conforme item 4.1. E os parâmetros discutidos são: duração do caminho, eficiência de ciclagem e índice de ciclagem.

	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
x_0	1,00											
x_1		0,46					0,05	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00
x_2			0,44				0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00
x_3				0,31			0,27	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00
x_4					0,99		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
x_5						0,91	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
T_0	1											
T_1		1										
T_2			1									
T_3				1								
T_4					1							
T_5						1						

FIGURA 4.12: Planilha correspondente a matriz de transição de saída P'' do modelo M05FT.

Além dos parâmetros será apresentado a seguir como é feita a interpretação dos fluxos normalizados utilizando-se o exemplo M05FT.

Em relação a análise dos parâmetros estocásticos, como descrito nos itens 3.3.4.2, 3.3.4.3 e 3.3.4.4, não são específicos ou seja requerem uma interpretação geral dos dados e conseqüentemente uma avaliação de cada situação específica, não gerando dados facilmente tabelados. O que gera uma subjetividade de interpretação, o que pode ser positivo no sentido de poder considerar somente o necessário para uma determinada situação ou negativo caso se quera uma visão global, pois a geração de informação é elevada e de difícil compilação. Com isto, como no item anterior, também será feita a interpretação de um exemplo: M05FT.

4.1.2.2. Análise determinística dos exemplos teóricos

Como colocado anteriormente, os parâmetros analisados para os sete fluxos apresentados no item 4.1.1 foram: duração do caminho, eficiência de ciclagem e índice de ciclagem. Os parâmetros serão aqui apresentados e discutidos de forma separada, comparando-se assim os resultados dos sete estudos realizados.

4.1.2.2.1. Duração do caminho

Como visto no item 3.3.2 o parâmetro duração do caminho (PL) corresponde ao número de compartimentos que um fluxo de entrada/saída atravessará antes de sair/entrar no compartimento em estudo. Assim as Tabelas 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 e 4.21, apresentam os resultados correspondentes, respectivamente aos modelos M05FT, E05SS, E05CS, E06HB, E04CM, M14RC e E06RO.

TABELA 4.15: Duração do caminho para o exemplo M05FT.

Fluxo de Entrada		Fluxo de Saída	
ZPL ₁	7,39	YPL ₁	5,95
ZPL ₂	7,07	YPL ₂	6,95
ZPL ₃	6,07	YPL ₃	6,95
ZPL ₄	7,02	YPL ₄	7,95
ZPL ₅	8,39	YPL ₅	8,60
ZPL	7,04	YPL	7,04

Observando-se todas as Tabelas (4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 e 4.21), pode-se notar que os valores da duração do caminho, quando considera-se o fluxo de entrada ou o fluxo de saída são semelhantes, sendo que na maioria são iguais. Analisando-se os casos onde estes valores possuem diferenciação observa-se que foram justamente nos modelos onde o sistema não é fechado, ou seja, em sistemas abertos. Isto pode contradizer, aparentemente o caso mostrado no modelo M14RC, onde basicamente não existem fluxos de entrada ou saída, entretanto, avaliando os dados de cada compartimento, observa-se que o balanço material apresenta um déficit (positivo ou negativo), que gera na prática um sistema significativamente aberto.

TABELA 4.16: Duração do caminho para o exemplo E05SS.

Fluxo de Entrada		Fluxo de Saída	
ZPL ₁	1,39	YPL ₁	1,00
ZPL ₂	1,49	YPL ₂	1,85
ZPL ₃	1,20	YPL ₃	2,85
ZPL ₄	1,31	YPL ₄	3,85
ZPL ₅	1,10	YPL ₅	2,33
ZPL	1,39	YPL	1,39

TABELA 4.17: Duração do caminho para o exemplo E05CS.

Fluxo de Entrada		Fluxo de Saída	
ZPL ₁	2,63	YPL ₁	1,00
ZPL ₂	2,05	YPL ₂	2,37
ZPL ₃	1,65	YPL ₃	3,37
ZPL ₄	1,47	YPL ₄	3,40
ZPL ₅	1,92	YPL ₅	4,40
ZPL	2,60	YPL	2,59

Um ponto importante quando se avalia a duração do caminho, além da detecção do tipo de fluxo (aberto ou fechado) é que apesar de que o fluxo seja fechado, os valores do caminho para cada compartimento é diferente, isto é decorrente do número de correntes de entrada e saída, como também as inter-relações que existem entre os compartimentos. Isolando-se o modelo M14RC, que apresenta valores altos de PL, os dois modelos que possuem maiores valores individuais são os do modelo M05FT e E06RO. Isto se deve pelo número de inter-relações existentes entre os compartimentos, principalmente no modelo E06RO onde quase todos os compartimentos estão ligados entre si.

TABELA 4.18: Duração do caminho para o exemplo E06HB.

Fluxo de Entrada		Fluxo de Saída	
------------------	--	----------------	--

ZPL ₁	1,86	YPL ₁	1,00
ZPL ₂	2,99	YPL ₂	2,00
ZPL ₃	2,41	YPL ₃	2,00
ZPL ₄	2,00	YPL ₄	2,00
ZPL ₅	1,99	YPL ₅	3,00
ZPL ₆	1,00	YPL ₆	3,13
ZPL	1,86	YPL	1,78

TABELA 4.19: Duração do caminho para o exemplo E04CM.

Fluxo de Entrada		Fluxo de Saída	
ZPL ₁	1,36	YPL ₁	1,00
ZPL ₂	2,04	YPL ₂	2,00
ZPL ₃	1,49	YPL ₃	1,50
ZPL ₄	1,99	YPL ₄	2,50
ZPL	1,45	YPL	1,45

Como colocado no item 3.1 e 4.1, além dos modelos apresentados foram estudados outros modelos teóricos, e com todos os dados foram feitos alguns testes de correlação para averiguar a relação existente entre os valores correspondentes a duração do caminho e fatores como número de compartimentos, número de correntes ligadas a cada compartimento, número de fluxos de entrada e ou saída. Os resultados estatísticos mostraram não haver correlação em nenhuma das hipóteses testadas. O único fator que apresentou uma correlação significativa em um nível de 1% foi o do número de interrelação entre os compartimentos e a duração do caminho ($r = 0,8543$).

TABELA 4.20: Duração do caminho para o exemplo M14RC.

Fluxo de Entrada		Fluxo de Saída	
ZPL ₁	3,72x10 ⁷	YPL ₁	5,00
ZPL ₂	3,72x10 ⁷	YPL ₂	1,00
ZPL ₃	3,72x10 ⁷	YPL ₃	3,41
ZPL ₄	3,72x10 ⁷	YPL ₄	4,12
ZPL ₅	3,72x10 ⁷	YPL ₅	4,56
ZPL ₆	3,72x10 ⁷	YPL ₆	6,14
ZPL ₇	3,72x10 ⁷	YPL ₇	5,00
ZPL ₈	3,72x10 ⁷	YPL ₈	5,00
ZPL ₉	3,72x10 ⁷	YPL ₉	5,00
ZPL ₁₀	3,72x10 ⁷	YPL ₁₀	5,00
ZPL ₁₁	3,72x10 ⁷	YPL ₁₁	4,04
ZPL ₁₂	3,72x10 ⁷	YPL ₁₂	4,85
ZPL ₁₃	3,72x10 ⁷	YPL ₁₃	5,85
ZPL ₁₄	3,72x10 ⁷	YPL ₁₄	3,85
ZPL	3,72x10 ⁷	YPL	6,14

TABELA 4.21: Duração do caminho para o exemplo E06RO.

Fluxo de Entrada		Fluxo de Saída	
ZPL ₁	2,02	YPL ₁	1,00
ZPL ₂	2,59	YPL ₂	2,93
ZPL ₃	1,84	YPL ₃	3,93
ZPL ₄	2,54	YPL ₄	4,08
ZPL ₅	3,13	YPL ₅	4,72
ZPL ₆	2,26	YPL ₆	2,93
ZPL	2,02	YPL	2,02

4.1.2.2.2. Eficiência de ciclagem

O parâmetro eficiência de ciclagem (CE) corresponde a razão entre o fluxo ciclado e o fluxo total de entrada ou saída de um compartimento ou sistema. As Tabelas 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27 e 4.28, apresentam os resultados da eficiência de ciclagem correspondentes, respectivamente, aos modelos M05FT, E05SS, E05CS, E06HB, E04CM, M14RC e E06RO.

TABELA 4.22: Eficiência de ciclagem para o exemplo M05FT.

	Fluxo de Entrada	Fluxo de Saída
CE ₁	0,49	0,49
CE ₂	0,49	0,49
CE ₃	0,49	0,49
CE ₄	0,39	0,39
CE ₅	0,49	0,49
CE	0,49	0,47

TABELA 4.23: Eficiência de ciclagem para o exemplo E05SS.

	Fluxo de Entrada	Fluxo de Saída
CE ₁	0,00	0,00
CE ₂	0,00	0,00
CE ₃	0,00	0,00
CE ₄	0,00	0,00
CE ₅	0,09	0,09
CE	0,00	0,02

TABELA 4.24: Eficiência de ciclagem para o exemplo E05CS.

	Fluxo de Entrada	Fluxo de Saída
CE ₁	0,00	0,00
CE ₂	0,17	0,17
CE ₃	0,14	0,15
CE ₄	0,04	0,04
CE ₅	0,02	0,02
CE	0,01	0,11

TABELA 4.25: Eficiência de ciclagem para o exemplo E06HB.

	Fluxo de Entrada	Fluxo de Saída
CE ₁	0,00	0,00
CE ₂	0,00	0,00
CE ₃	0,00	0,00
CE ₄	0,00	0,00
CE ₅	0,00	0,00
CE ₆	0,00	0,00
CE	0,00	0,00

TABELA 4.26: Eficiência de ciclagem para o exemplo E04CM.

	Fluxo de Entrada	Fluxo de Saída
CE ₁	0,00	0,00
CE ₂	0,00	0,00
CE ₃	0,16	0,16
CE ₄	0,16	0,16
CE	0,11	0,12

Observa-se nestas sete tabelas que existe uma tendência de que os valores da eficiência de ciclagem para o fluxo de entrada e saída sejam iguais, isto ocorre nos casos onde os dados de balanço estão equilibrados, ou seja, entrada e saída sejam compatíveis (iguais).

Pequenas diferenças podem acarretar em valores diferentes entre a eficiência de ciclagem do sistema considerando entrada e saída, por exemplo no modelo E04CM que a eficiência de ciclagem em cada compartimento é igual tanto quando se considera o fluxo de entrada como quando se considera o fluxo de saída, porém a eficiência de ciclagem no sistema não será a mesma, devido a uma pequena variação entre os dados de entrada e saída que pode ser observado nos dados descritos no item 4.1.5.

TABELA 4.27: Eficiência de ciclagem para o exemplo M14RC.

	Fluxo de Entrada	Fluxo de Saída
CE ₁	0,00	0,00
CE ₂	0,00	0,00
CE ₃	0,01	1,00
CE ₄	0,01	1,00
CE ₅	0,00	1,00
CE ₆	0,11	1,00
CE ₇	0,00	0,00
CE ₈	0,00	0,00
CE ₉	0,00	0,00
CE ₁₀	0,00	0,00
CE ₁₁	0,27	1,00
CE ₁₂	0,06	1,00
CE ₁₃	0,00	1,00
CE ₁₄	0,07	1,00
CE	0,00	0,12

Da mesma forma que na descrição da duração do caminho, este parâmetro deve ser analisado de forma individual, ou seja o comportamento de cada sistema é particular. Pode-se observar isto comparando-se os dados do modelo M05FT e E06HB, que aparentemente são semelhantes (excetuando o fato de um ser a representação de um balanço material e o outro de um balanço de energia), contudo no modelo E06HB não foram detectadas as eficiências de ciclagem, o que já foi significativo no modelo M05FT.

Outro fator importante que pode ser detectado na avaliação da eficiência de ciclagem é que em alguns sistemas a eficiência pode ser nula, pois considerando o fluxo de entrada ou saída no sistema como um todo, apesar de que nos compartimentos isto não ocorre. Um exemplo disto é o modelo E06RO, onde cada compartimento, quando considerado o fluxo de entrada, possui uma eficiência de ciclagem variando de 0 a 28%, contudo a eficiência de ciclagem do sistema considerando o fluxo de entrada é de 0%.

No modelo M14RC, verifica-se que em alguns compartimentos a eficiência de ciclagem é significativamente diferente. Em alguns compartimentos a eficiência considerando o fluxo de entrada é de 0% e considerando o fluxo de saída é de 100%. Neste modelo isto é explicado devido a maneira como o fluxo foi analisado, pois não foram considerados basicamente os fluxos de entrada e saída nos compartimentos, somente as inter-relações entre eles.

TABELA 4.28: Eficiência de ciclagem para o exemplo E06RO.

	Fluxo de Entrada	Fluxo de Saída
CE ₁	0,00	0,00
CE ₂	0,28	0,28
CE ₃	0,09	0,09
CE ₄	0,23	0,23
CE ₅	0,11	0,11
CE ₆	0,01	0,01
CE	0,00	0,08

4.1.2.2.3. Índice de ciclagem

O índice de ciclagem (CI), como visto na metodologia, representa a relação dos fluxos ciclados (TST_c) e não ciclados (TST_s) em um sistema, ou do fluxo ciclado total (TST). As Tabelas 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34 e 4.35, apresentam os resultados do fluxo ciclado total, ciclado e não ciclado, como também os valores dos índices de ciclagem correspondentes, respectivamente, aos modelos M05FT, E05SS, E05CS, E06HB, E04CM,

M14RC e E06RO. Cabe salientar que os valores CI_1 e CI_2 representam os índices de ciclagem relativos aos fluxos não ciclados e aos fluxos totais respectivamente.

Analisando-se os dados dos fluxos ciclados e não ciclados, pode-se confirmar as informações descritas no item anterior (4.3.1.2.2), onde foram detectadas as eficiência de ciclagem, quanto maior a eficiência, maior serão os valores de fluxo ciclado e conseqüentemente maior os valores dos índices de ciclagem.

TABELA 4.29: Eficiência de ciclagem para o exemplo M05FT.

Fluxo Direto	
TST _c	34,42
TST _s	37,38
TST	71,80
Índice de Ciclagem	
CI ₁	0,92
CI ₂	0,48

TABELA 4.30: Eficiência de ciclagem para o exemplo E05SS.

Fluxo Direto	
TST _c	460,00
TST _s	29183,00
TST	29643,00
Índice de Ciclagem	
CI ₁	0,02
CI ₂	0,02

No modelo E06HB a eficiência de ciclagem é zerada, assim, ratificando este fato o valor do fluxo ciclado também é zero fazendo com que os índices de ciclagem sejam zerados. Neste modelo, pode-se atentar ao fato de que o valor do fluxo não ciclado em compensação é bastante elevado. Esta observação também pode ser feita no modelo E05SS, apesar do fluxo

ciclado não ser zero, ele é significativamente menor que o fluxo não ciclado, fazendo com que os valores dos índices de ciclagem seja basicamente zero.

TABELA 4.31: Eficiência de ciclagem para o exemplo E05CS.

Fluxo Direto	
TST _c	2815,92
TST _s	27754,58
TST	30570,50
Índice de Ciclagem	
CI ₁	0,10
CI ₂	0,09

TABELA 4.32: Eficiência de ciclagem para o exemplo E06HB.

Fluxo Direto	
TST _c	0,00
TST _s	69513,70
TST	69513,70
Índice de Ciclagem	
CI ₁	0,00
CI ₂	0,00

TABELA 4.33: Eficiência de ciclagem para o exemplo E04CM.

Fluxo Direto	
TST _c	65,91
TST _s	483,39
TST	549,30
Índice de Ciclagem	
CI ₁	0,14
CI ₂	0,12

TABELA 4.34: Eficiência de ciclagem para o exemplo M14RC.

Fluxo Direto	
TST _c	18,84
TST _s	319,82
TST	338,66
Índice de Ciclagem	
CI ₁	0,06
CI ₂	0,06

TABELA 4.35: Eficiência de ciclagem para o exemplo E06RO.

Fluxo Direto	
TST _c	9,21
TST _s	74,37
TST	83,58
Índice de Ciclagem	
CI ₁	0,12
CI ₂	0,11

Comparando-se todos os exemplos, o modelo M05FT foi o que apresentou maior índice de ciclagem, confirmando, também, o que se tinha notado no item anterior (eficiência de ciclagem).

Neste caso também foram realizadas avaliações estatísticas para verificar a existência de correlação entre os parâmetros (TST e CI) com características dos fluxos, e também entre os parâmetros em si. A Tabela 4.36 mostra os valores das correlações dos parâmetros estudados. Em função do número de testes realizados ter sido grande (87 exemplos), a maioria dos valores são significativos em relação à correlação para um nível de significância de 5%. Contudo pode-se verificar na Tabela 4.36, que as maiores correlações aparecem entre os parâmetros de ciclagem, como visto anteriormente.

TABELA 4.36: Análise de correlação dos parâmetros determinísticos estudados nos modelos teóricos para um nível de significância de 5%.

	ZPL	YPL	CE _E	CE _S	CI ₁	CI ₂	TST _C	TST _S	TST
ZPL	1,0000	-	-	-	-	-	-	-	-
YPL	0,3426	1,0000	-	-	-	-	-	-	-
CE _E	0,2948	0,5384	1,0000	-	-	-	-	-	-
CE _S	0,4397	0,7006	0,5637	1,0000	-	-	-	-	-
CI ₁	0,4012	0,6949	0,8424	0,2820	1,0000	-	-	-	-
CI ₂	0,4089	0,6960	0,8475	0,7923	0,6587	1,0000	-	-	-
TST _C	0,3547	0,5247	0,8764	0,8597	0,7965	0,7415	1,0000	-	-
TST _S	0,2548	0,5476	0,8421	0,8426	0,7241	0,8416	0,8842	1,0000	-
TST	0,2748	0,5430	0,8490	0,8460	0,7386	0,8216	0,9074	0,8452	1,0000

4.1.2.3. Normalização dos fluxos de entrada e saída

Para exemplificar a normalização foi escolhido, como colocado anteriormente, o modelo M05FT. Não serão descritos aqui todos os modelos de normalização em função do número de gráficos gerados para cada análise. No modelo escolhido a normalização é feita através de cinco demonstrações gráficas, conforme o número de fluxos de entrada e saída de cada compartimento.

As estruturas matriciais $N'(t)$ e $N''(t)$, já elaboradas para os modelos, definem intra-sistemas ambientais de *input* e *output* para cada compartimento. A normalização dos ambientes de *input* e *output* (E'_i e E''_i respectivamente), representam uma partição do sistema.

Assim a Figura 4.13 descreve, respectivamente, os ambientes normalizados de *input* E'_1 , E'_3 , e E'_4 definidos, para cada caso, por uma unidade de fluxos de saída nos compartimentos 1, 3 e 4 do modelo M05FT. A Figura 4.14 mostra, por sua vez, os ambientes de *output* E''_1 e E''_3 gerados por uma unidade do fluxo de entrada, respectivamente dos compartimentos 1 e 3.

Nas Figuras 4.13 e 4.14 os números nos blocos (caixas) denotam os fluxos diretos T_i ($i = 1, \dots, 5$), e os valores associados às setas demonstram os fluxos f_{ij} ($i, j = 0, 1, \dots, 5$) que representam a soma do fluxo direto no exemplo em estudo. Das colunas 1, 3, e 4 da matriz N' (Figura 4.9) provêm a informação de fluxo direto exigida na construção da Figura 4.13, e as colunas 1 e 3 da matriz N'' (Figura 4.10) são responsáveis pelo mesmo na Figura 4.14.

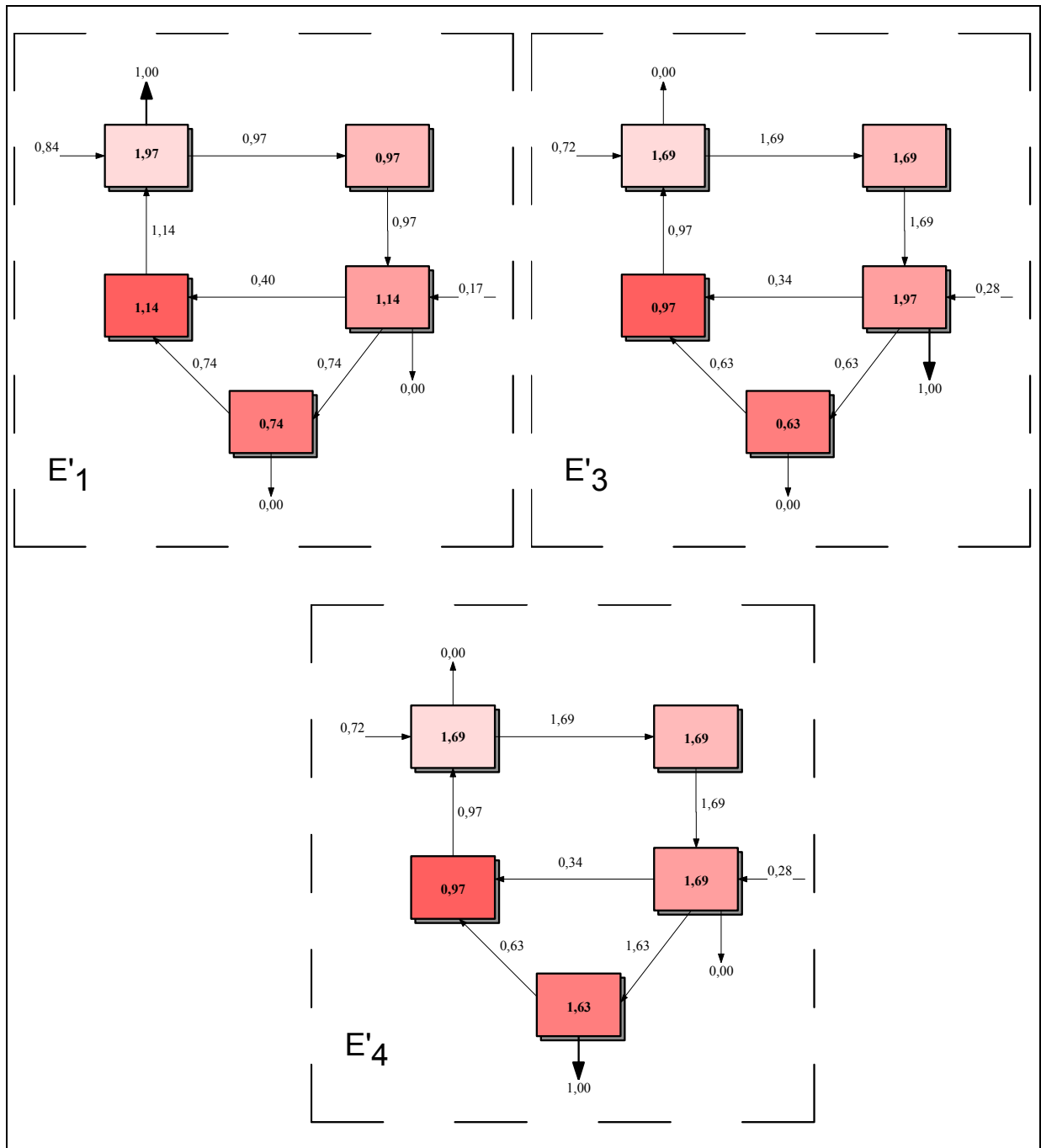


FIGURA 4.13: Ambientes E'_1 , E'_3 e E'_4 de *input* para o modelo M05FT

Este tipo de análise mostra para cada caso em estudo qual fluxo (entrada e/ou saída) é significativo no transcorrer do processo, independente do tipo de unidade, pois trabalha com valores normalizados.

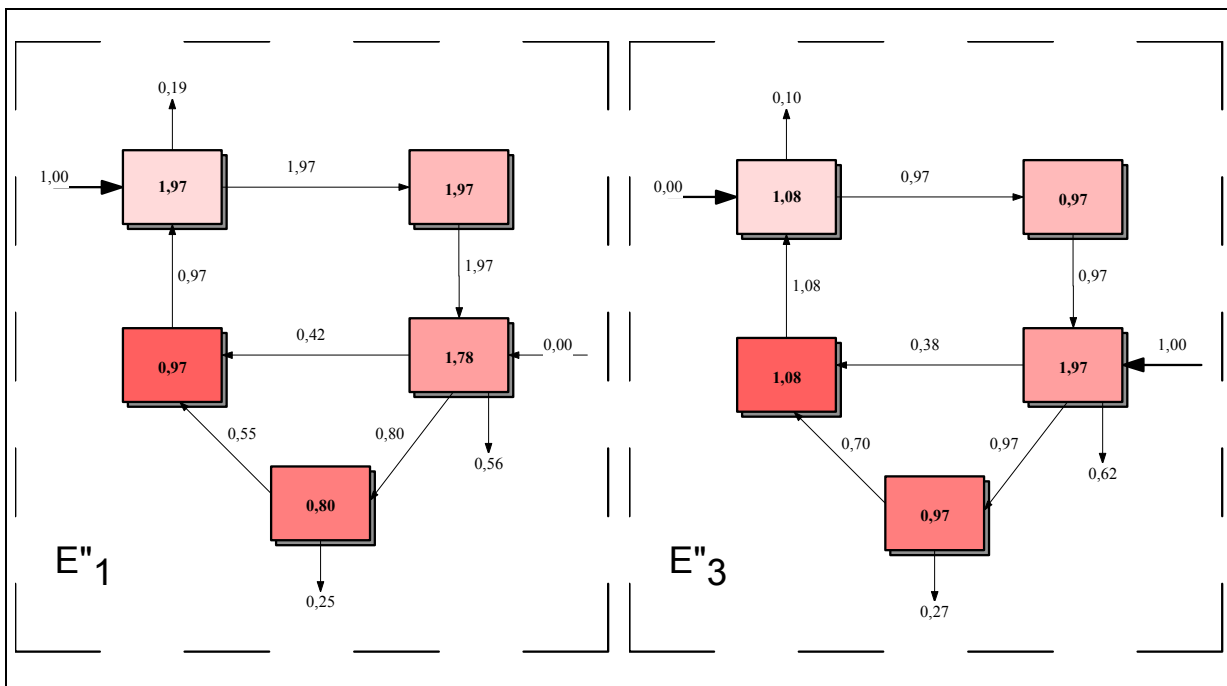


FIGURA 4.14: Ambientes de *output* (E''_1 e E''_3) para o modelo M05FT.

4.1.2.4. Análise estocástica dos exemplos teóricos

Como no item anterior a análise estocástica será realizada para o modelo M05FT, devido ao fato de que este tipo de análise é pontual e gera uma série de interpretações. A Tabela 4.37 descreve a análise das médias e variância de entrada para o modelo em estudo com base nos dados apresentados na matriz de transição, de entrada, de um passo mostrado na Figura 4.11.

Os parâmetros analisados serão os descritos e representados matematicamente no item 3.3.4.2: tempo de residência; transferência intercompartimental; origens de *input*, destino de *output* e eficiência de ciclagem.

Para se realizar a análise, além do modelo já ser um exemplo tomar-se-á a coluna X_2 da Tabela 4.37 para determinação dos parâmetros.

a) **Tempo de residência:** O tempo esperado gasto pelo nitrogênio (lembra-se que o modelo M05FT trata do fluxo de nitrogênio em uma floresta tropical) no compartimento 2 no tempo $h\tau$ desde o compartimento 5 é de 12,8 anos com um desvio padrão associado de

19,8 anos. O tempo esperado de residência do nitrogênio no compartimento 2 desde sua entrada no sistema é de 113,9 anos, com um desvio padrão de 187,4 anos.

TABELA 4.37: Análise das médias e variâncias* de *input* para o modelo M05FT.

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Z ₁	0,84 (0,14)	0,84 (0,14)	0,72 (0,20)	0,72 (0,20)	0,72 (0,20)
Z ₃	0,16 (0,14)	0,16 (0,14)	0,28 (0,20)	0,28 (0,20)	0,28 (0,20)
X ₁	3,67 (9,78)	3,67 (9,78)	3,14 (10,0)	3,14 (10,0)	3,014(10,0)
X ₂	1,74 (7,52)	3,53 (8,93)	3,02 (9,18)	3,02 (9,18)	3,02 (9,18)
X ₃	1,36 (3,18)	1,36 (3,18)	2,35 (3,18)	2,35 (3,18)	2,35 (3,18)
X ₄	92,6 (29160)	92,6 (29160)	79,2 (26010)	204,2 (41510)	160,7 (39660)
X ₅	12,8 (390,3)	12,8 (390,3)	10,9 (354,2)	10,9 (354,2)	22,2 (469,2)
ΣX	112,2 (35120)	113,9 (35120)	98,6 (31650)	223,6 (47150)	191,4 (45420)
T ₁	0,97 (1,92)	1,97 (1,92)	1,69 (2,12)	1,69 (2,12)	1,69 (2,12)
T ₂	0,97 (1,92)	0,97 (1,92)	1,69 (2,12)	1,69 (2,12)	1,69 (2,12)
T ₃	1,14 (2,06)	1,14 (2,06)	0,97 (1,92)	1,97 (1,92)	1,97 (1,92)
T ₄	0,74 (1,13)	0,74 (2,06)	0,63 (1,04)	0,63 (1,04)	1,29 (1,26)
T ₅	1,14 (2,06)	1,14 (2,06)	0,97 (1,92)	0,97 (1,92)	0,97 (1,92)
ΣT	4,96 (2,12)	5,96 (42,75)	5,95 (42,56)	6,95 (42,56)	7,61 (42,79)

* Variância expressa entre parênteses.

b) **Transferência intercompartimental:** O número esperado de vezes que o nitrogênio em 2 esteve em 5 desde que entrou no sistema é 1,14, com uma variância de 2,06. O valor médio e a variância do número total de compartimentos pelos quais o nitrogênio do compartimento 2 já passou desde sua entrada no sistema são 5,96 e 42,75, respectivamente.

c) **Origens de *input*:** O sistema tem *inputs* Z₁ e Z₃. Para o compartimento 2, aproximadamente cinco vezes o nitrogênio do compartimento 2 origina-se de Z₁ (média de 0,84 e variância de 0,14) como de Z₃ (valor médio de 0,16 e variância de 0,14). Isto também é verdadeiro para compartimento 1. Para os compartimentos 3, 4 e 5, porém, aproximadamente só três vezes o nitrogênio é originado de Z₁ (média de 0,72 e variância de 0,20) como de Z₃

(média de 0,28 e variância de 0,20). Nota-se, na Figura 4.1, que Z_1 é três vezes maior que Z_3 (7,5 versus 2,7 $\text{gNm}^{-2}\text{a}^{-1}$).

d) **Eficiência de ciclagem:** Para os compartimentos 1, 2, 3 e 5, a eficiência de ciclagem esperada é de $0,97/1,97 = 0,49$. Para o compartimento 4, a eficiência de ciclagem esperada é de $0,63/1,63 = 0,39$. O valor da eficiência de ciclagem esperada para o sistema total é 0,40, indicando que 40% do nitrogênio nos compartimentos do sistema foram, pelo menos, ciclados uma vez.

A análise estocástica de *output* segue analogamente a metodologia de análise de *input*, e preocupa-se com aspectos futuros dos fluxos. Novamente, para exemplificar, tomar-se-á o modelo M05FT, onde a Tabela 4.38 representa uma matriz combinada de médias e variâncias para fluxo em estudo. Esta matriz foi elaborada com base nos dados apresentados na Figura 4.12.

TABELA 4.38: Análise das médias e variâncias de *output* para o modelo M05FT.

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
X_1	3,66 (9,75)	2,00 (8,64)	2,00 (8,64)	2,63 (9,71)	3,66 (9,75)
X_2	3,19 (9,12)	3,53 (8,90)	1,74 (7,49)	2,29 (8,60)	3,19 (9,12)
X_3	2,12 (3,34)	2,35 (3,17)	2,35 (3,17)	1,52 (3,31)	2,12 (3,34)
X_4	109,5 (32480)	121,2 (34520)	121,2 (34520)	203,2 (41230)	109,5 (32480)
X_5	10,9 (353,0)	12,1 (376,5)	12,1 (376,5)	15,9 (435,0)	22,1 (468,0)
ΣX	129,4 (38110)	141,2 (40240)	139,4 (40240)	225,5 (46920)	140,6 (38220)
T_1	0,97 (1,91)	1,07 (2,00)	1,07 (2,00)	1,41 (2,16)	1,97 (1,91)
T_2	1,78 (2,07)	0,97 (1,91)	0,97 (1,91)	1,28 (2,12)	1,78 (2,07)
T_3	1,78 (2,07)	1,97 (1,91)	0,97 (1,91)	1,28 (2,12)	1,78 (2,07)
T_4	0,88 (1,21)	0,97 (1,25)	0,97 (1,25)	0,63 (1,02)	0,88 (1,21)
T_5	0,97 (1,91)	1,07 (2,00)	1,07 (2,00)	1,41 (2,16)	0,97 (1,91)
ΣT	6,38 (42,50)	6,05 (42,24)	5,05 (42,24)	6,01 (44,72)	7,38 (42,50)

* variância expressa entre parênteses.

Para ilustrar, considerar-se-á novamente a coluna X_2 da Tabela 4.38.

a) **Tempo de residência:** o tempo esperado para que o nitrogênio do compartimento 2 passe em 5 antes de deixar o sistema é 12,1 anos, com um desvio padrão de 19,4 anos. O tempo médio que o nitrogênio em 2 vai passar dentro do sistema antes de sair é 141,2 anos (desvio padrão de 200,6 anos).

b) **Transferência intercompartimental:** o número esperado de vezes que o nitrogênio que está em 2 passará em 5 antes de deixar o sistema é 1,07 (variância de 2,00). A média e a variância do número total de compartimentos pelos quais o nitrogênio que está em 2 passará antes de sair do sistema é respectivamente 6,05 e 42,24.

c) **Destinos de output:** desde que a condição do conjunto I_ξ exclui os sistemas de *output* Y_1 , Y_3 e Y_4 (equação 3.81), então as contribuições dos compartimentos para cada um destes não podem ser calculadas com a presente versão estocástica de análise de *output*.

d) **Eficiência de ciclagem:** corresponde aos mesmos resultados obtidos pela análise de *input*, decorrente de que as diagonais principais são idênticas para ambas matrizes de fluxo direto.

4.2. Consolidação dos dados experimentais

Como discutido no item 3.2, os dados referentes à Lagoa Itapeva apresentados por Cardoso (2001), antes de serem utilizados nos modelos passaram por ajustes no sentido de complementação de falhas ou na alteração de algumas informações que por algum motivo não foram adequadas.

4.2.1. Dados de profundidade e coluna d'água

Para os dados referentes à profundidade (nível d'água), os ajustes foram feitos através de testes de regressão polinomial. As Figuras 4.15, 4.16 e 4.17, expressam as distribuições dos dados referentes à primavera (centro e sul) e ao inverno (centro), respectivamente.

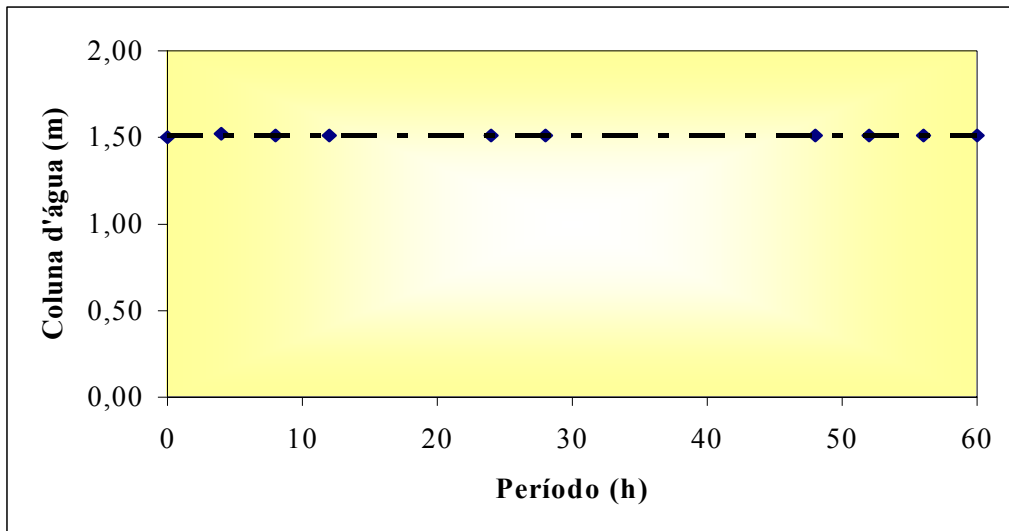


FIGURA 4.15: Distribuição dos dados referentes à campanha da primavera no ponto central da Lagoa Itapeva. A curva pontilhada refere-se ao ajuste polinomial dos dados.

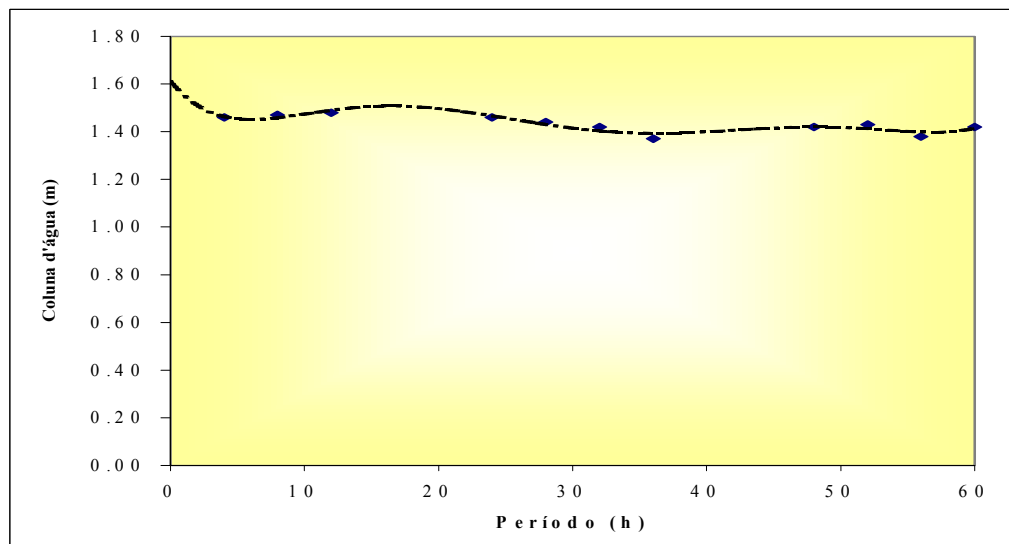


FIGURA 4.16: Distribuição dos dados referentes à campanha da primavera no ponto sul da Lagoa Itapeva. A curva pontilhada refere-se ao ajuste polinomial dos dados.

Através das curvas apresentadas nas Figuras 4.15, 4.16 e 4.17, foram determinadas as expressões que caracterizam da melhor forma os dados da coluna d'água em função do período amostral em horas. As equações 4.1, 4.2 e 4.3, caracterizam os três modelos apresentados respectivamente. Nestas equações “z” corresponde a profundidade em metros e “t” ao tempo em horas. Lembramos que as equações descritas são apresentadas na sua totalidade, contudo, conforme os intervalos pode-se observar que alguns termos são passíveis de simplificação e até mesmo de exclusão.

$$z = 1,5097.e^{5,7655.t} \quad (4.1)$$

$$z = 1,15 \times 10^{-9} t^6 - 2,25 \times 10^{-7} t^5 + 1,69 \times 10^{-5} t^4 - 5,98 \times 10^{-4} t^3 + 9,94 \times 10^{-3} t^2 - 6,81 \times 10^{-2} t + 1,61 \quad (4.2)$$

$$z = 1,3212.e^{1,4600.t} \quad (4.3)$$

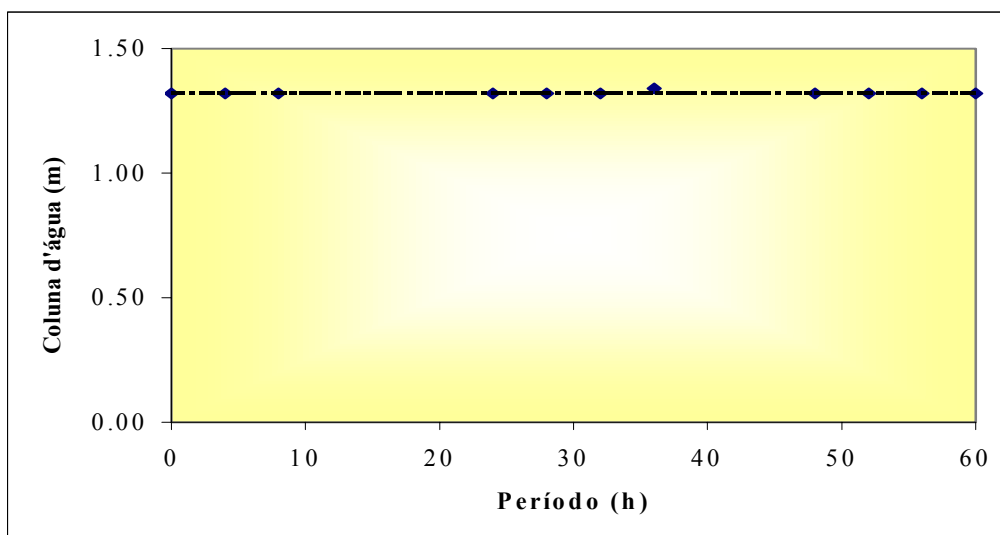


FIGURA 4.17: Distribuição dos dados referentes à campanha do inverno no ponto central da Lagoa Itapeva. A curva pontilhada refere-se ao ajuste polinomial dos dados.

A Tabela 4.39, é semelhante à Tabela 3.1, porém as falhas estão preenchidas utilizando-se as equações apresentadas anteriormente (4.1, 4.2 e 4.3).

Em relação aos dados da coluna d'água, não foi necessário nenhum ajuste como já descrito na metodologia. Assim, quando necessário, utilizou-se os dados apresentados na Tabela 3.2.

4.2.2. Valores de carbono total

Como descrito no item 3.2.2, para a determinação do carbono total (C_T), foi necessário inicialmente a complementação dos dados de alcalinidade. A Tabela 4.40 apresenta os dados experimentais de CO_2 dissolvido, pH e alcalinidade (Alc_e) obtidos nas campanhas de maio e agosto de 1999 na Lagoa Itapeva (Cardoso, 2001). Além destes dados a Tabela 4.40, apresenta também, os dados de alcalinidade obtidos através da equação 3.3 ($Alc_e = Alc_T$).

TABELA 4.39: Dados corrigidos (preenchimento de falhas) referentes à profundidade (nível d'água), nas diferentes estações sazonais, e nos três pontos amostrais e nos períodos de coleta durante todas as campanhas realizadas na Lagoa Itapeva por Cardoso (2001).

		PRIMAVERA	VERÃO	OUTONO	INVERNO
NORTE	6h	1,26	1,00	1,85	1,86
	10h	1,40	1,00	1,90	1,88
	14h	1,38	1,00	1,90	1,90
	18h	1,30	0,92	1,90	1,90
	6h	1,28	0,95	1,79	1,71
	10h	1,35	0,96	1,77	1,71
	14h	1,40	0,86	1,78	1,66
	18h	1,44	0,86	1,76	1,66
	6h	1,30	0,97	1,81	1,64
	10h	1,30	0,93	1,80	1,63
	14h	1,28	0,83	1,72	1,60
	18h	1,28	0,83	1,75	1,64
CENTRO	6h	1,50	1,13	1,62	1,32
	10h	1,52	1,13	1,55	1,32
	14h	1,51	1,12	1,52	1,32
	18h	1,51	1,12	1,57	1,32⁽³⁾
	6h	1,51	1,15	1,56	1,32
	10h	1,51	1,15	1,55	1,32
	14h	1,51⁽¹⁾	1,15	1,55	1,32
	18h	1,51⁽¹⁾	1,14	1,55	1,34
	6h	1,51	1,07	1,49	1,32
	10h	1,51	1,07	1,49	1,32
	14h	1,51	1,09	1,50	1,32
	18h	1,51	1,10	1,50	1,32
SUL	6h	1,61⁽²⁾	1,18	1,45	1,29
	10h	1,46	1,17	1,44	1,25
	14h	1,47	1,17	1,45	1,20
	18h	1,48	1,21	1,46	1,21
	6h	1,46	1,19	1,47	1,32
	10h	1,44	1,16	1,47	1,32
	14h	1,42	1,20	1,47	1,34
	18h	1,37	1,24	1,46	1,33
	6h	1,42	1,11	1,44	1,33
	10h	1,43	1,13	1,44	1,33
	14h	1,38	1,18	1,46	1,36
	18h	1,42	1,17	1,48	1,37

(1) equação 4.1; (2) equação 4.2 e (3) equação 4.3.

Os dados de Alc_e e Alc_c foram plotados conforme mostra a Figura 4.18 e comparados através de regressão linear simples (esta foi a forma que melhor se adaptou aos resultados apresentados). Analisando-se a regressão entre estes dois parâmetros, obteve-se uma correlação positiva igual a 0,8387, o que significa que 70,34% da variação dos pontos em torno das duas médias grupais pode ser explicada pelo relacionamento entre as duas variáveis. Esta correlação apresenta significância superior a 95%, quando avaliada pelo teste de F (Vieira, 2003). Como resultado da regressão obteve-se a equação 4.4:

$$Alc_e = 4,6929 \times 10^{-2} \cdot Alc_c + 8,4531 \quad (4.4)$$

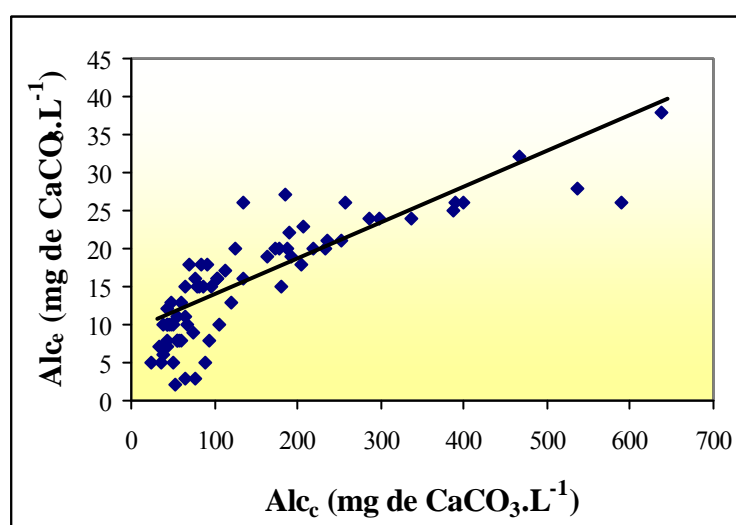


FIGURA 4.18: Relação entre a alcalinidade experimental (Alc_e) e a alcalinidade calculada (Alc_c) através de uma regressão linear simples.

Observando a Figura 4.18 e a equação 4.4, nota-se que existe um deslocamento dos dados da alcalinidade medida experimentalmente e a calculada, ou seja, a alcalinidade experimental possui valores menores que os da alcalinidade calculada. Isto é explicado em função de que a alcalinidade total representa a capacidade da água em aceitar prótons, ou seja, é o número necessário de prótons para neutralizar as bases presentes em uma quantidade de água. É usualmente determinada a alcalinidade de hidróxidos, de carbonatos e de bicarbonatos, expressas geralmente em termos de carbonato do cálcio. O percentual destes íons varia conforme o pH, como pode ser observado na Figura 4.19. Para sua determinação experimental emprega-se processos de titulação da amostra com ácidos fortes.

TABELA 4.40: Dados de CO₂ dissolvido (mg CO₂.L⁻¹), pH, alcalinidade total experimental (mg CaCO₃.L⁻¹) e alcalinidade total calculada (mg CaCO₃.L⁻¹), para cada ponto das campanhas do inverno e outono da Lagoa Itapeva.

		Mai/99				Ago/99			
		CO ₂ *	pH*	Alc _e *	Alc _c	CO ₂ *	pH*	Alc _e *	Alc _c
NORTE	6h	5,28	7,38	3	65,61	2,64	7,50	19	43,00
	10h	4,40	7,38	2	54,05	3,52	7,55	23	64,45
	14h	2,64	7,42	5	35,83	2,64	7,55	20	48,06
	18h	2,64	7,45	6	38,77	2,64	7,56	18	49,85
	6h	3,52	7,37	8	42,50	4,40	7,57	18	84,69
	10h	2,64	7,40	7	34,55	4,40	7,55	15	81,19
	14h	2,64	7,50	7	43,00	5,28	7,58	16	103,00
	18h	3,52	7,48	8	54,33	4,40	7,58	15	86,99
	6h	3,52	7,38	12	43,16	9,68	7,51	19	162,58
	10h	4,40	7,42	8	59,27	9,68	7,54	20	173,54
	14h	4,40	7,43	13	61,23	6,16	7,58	13	120,16
	18h	3,52	7,42	13	47,32	8,80	7,60	15	179,75
CENTRO	6h	5,28	8,09	4	337,80	1,76	8,17	26	134,86
	10h	3,52	8,11	3	232,67	2,64	8,18	23	207,00
	14h	2,64	8,15	5	192,07	2,64	8,14	22	189,87
	18h	2,64	8,14	7	187,34	2,64	8,09	24	167,69
	6h	4,40	8,10	2	286,95	2,64	8,13	27	185,55
	10h	2,64	8,11	2	177,20	3,52	8,15	26	257,57
	14h	2,64	8,27	7	252,23	3,52	8,22	21	299,16
	18h	2,64	8,17	8	203,45	7,04	8,17	19	537,36
	6h	3,52	8,08	12	218,81	9,68	8,07	17	589,16
	10h	3,52	8,11	14	235,81	10,56	8,07	14	636,58
	14h	5,28	8,17	14	398,40	7,04	8,03	19	390,03
	18h	5,28	8,15	14	387,10	7,92	8,06	19	466,57
SUL	6h	4,40	7,67	5	104,99	3,52	7,39	21	45,02
	10h	2,64	7,75	3	77,05	3,52	7,38	22	43,16
	14h	2,64	7,81	5	88,30	1,76	7,42	21	23,62
	18h	1,76	7,74	5	50,10	2,64	7,44	19	37,88
	6h	2,64	7,62	8	56,25	5,28	7,37	15	64,00
	10h	2,64	7,62	8	56,25	5,28	7,41	18	70,31
	14h	3,52	7,71	8	93,16	4,40	7,38	21	54,99
	18h	3,52	7,61	9	74,00	7,04	7,40	18	90,56
	6h	3,52	7,56	10	66,46	9,68	7,43	14	134,45
	10h	4,40	7,63	15	97,42	8,80	7,44	20	124,84
	14h	3,52	7,63	16	77,94	7,04	7,45	16	102,59
	18h	3,52	7,64	15	79,90	7,92	7,44	17	113,75

• Dados referentes ao trabalho de Cardoso (2001).

Observando a Figura 4.19, nota-se que em pH mais elevado, por exemplo superior a 6.5, a metade do carbono total se encontra na forma de bicarbonatos e o resto na forma de gás carbônico; já em pH 8 a 8,5, a maioria é bicarbonato e em pH 10,5, a metade é bicarbonato e a outra metade é o carbonato. Conforme os dados obtidos nas campanhas realizadas na Lagoa

Itapeva (Cardoso, 2001) a faixa de pH encontrada é entre 6,50 a 8,28, o que demonstra um predomínio dos íons bicarbonatos e do dióxido de carbono (CO_2).

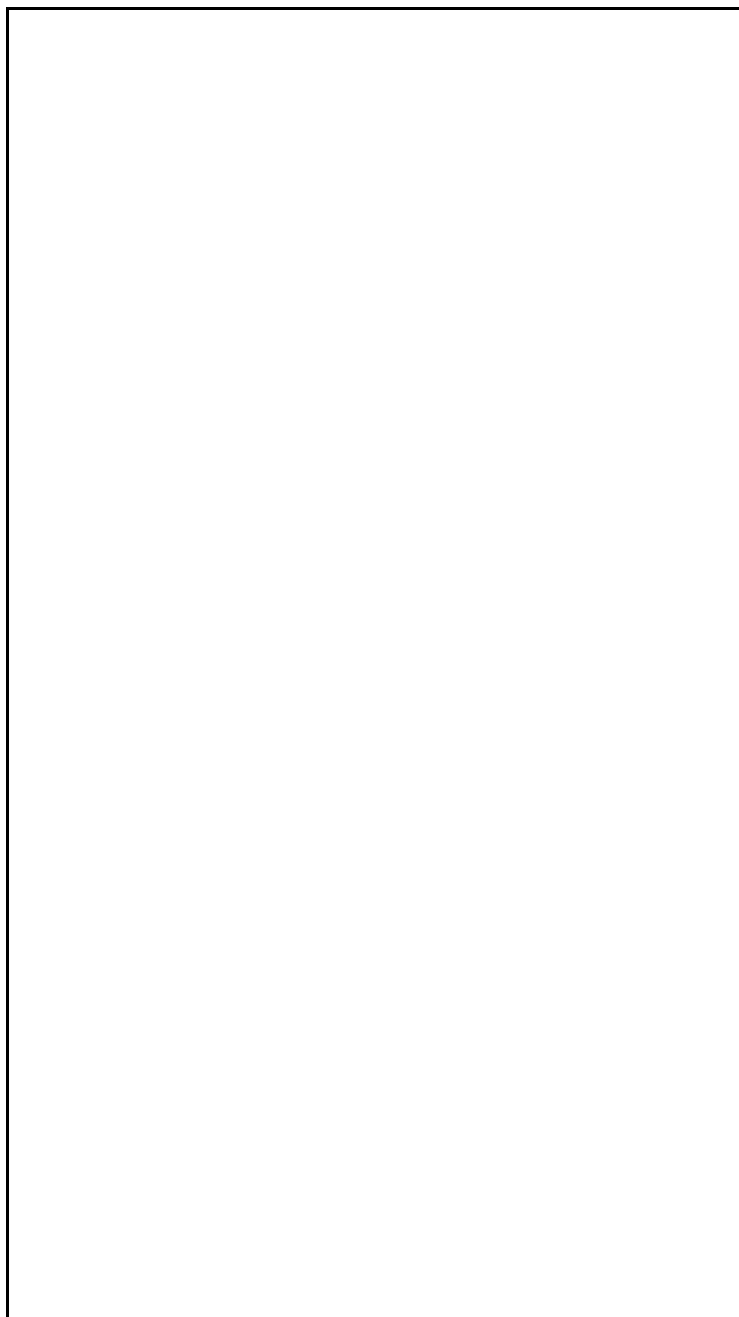
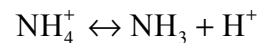
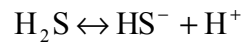
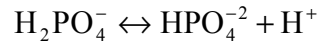


FIGURA 4.19: Proporção relativa de ácido carbônico, íon bicarbonato e íon carbonato para diferentes pHs em solução aquosa.

Fonte: Schwoerbel, 1987.

Teoricamente os bicarbonatos representam a maior parte da alcalinidade, pois os mesmos são formados em quantidades consideráveis pela ação do dióxido de carbono (CO_2). Segundo Carmouze (1994), nas águas naturais predominam as bases conjugadas ao ácido carbônico (CO_3^{-2} e HCO_3^-); nas água marinhas, os boratos estão presentes sob as formas de

$B(OH)_3$ e $B(OH)_4^-$; já nas águas poluídas, intersticiais e continentais, e em algumas águas costeiras e estuarinas encontram-se outras bases conjugadas a ácidos fracos. Também segundo Carmouze (1994), na faixa de pH entre 4,0 e 10,0 as bases encontradas com maior frequência são $SiO(OH)_3^-$, SH^- , HPO_4^{2-} e NH_4^+ , sendo que estas formas estão em equilíbrio com os ácidos conjugados através das seguintes relações:



Assim, a alcalinidade total (Alc_T), que normalmente é expressa e/ou igualada a alcalinidade dos carbonatos (Alc_C), pode sofrer alterações significativas quando medida experimentalmente, isto porque dificilmente todos os dados referentes aos íons presentes no ambiente em estudo são conhecidos. Com isto a alcalinidade pode ser descrita através de sua expressão mais simples (equação 3.18) ou em um caso geral como apresentado pela equação 4.5.

$$Alc_T = 2.[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [OH^-] + [B(OH)_4^-] + [SiO(OH)_3^-] + [SH^-] + \dots - [H^+] \quad (4.5)$$

Cardoso (2001) avaliou a presença de íons cloreto, fluoreto e sulfatos na Lagoa Itapeva, o que mostra uma grande variação deste parâmetro em cada ponto ou período amostral. Em relação aos cloretos os valores foram mais elevados durante o verão e menores na primavera, sendo que no centro da Lagoa houve a maior média durante o verão, enquanto que nas demais estações do ano, o norte apresentou os valores mais elevados. O fluoreto, apresentou valores médios abaixo do limite permitido pela saúde pública, com as maiores médias durante o verão. Justamente nesta época em duas ocasiões os valores excederam este patamar, registrando-se valores máximos no Centro ($1,84 \text{ mg.L}^{-1}$) e Sul ($1,33 \text{ mg.L}^{-1}$). Já em relação aos sulfatos, os valores médios mais elevados ocorreram no outono e inverno, sendo o comportamento contrário evidenciado na primavera.

Infelizmente apesar de todas as informações colhidas por Cardoso (2001), fica impossível traçar uma equação onde estes íons sejam caracterizados para determinação de sua influência nos valores de alcalinidade. Isto por sua vez não vêm a comprometer os resultados, visto que este balanço iônico não é fundamental para o estudo em questão.

Da mesma forma que na Tabela 4.40, porém em relação às campanhas do verão e outono, foram determinados os valores da alcalinidade total (Alc_T) utilizando a equação 3.3 e posteriormente estes dados foram corrigidos através da equação 4.4, discutida anteriormente. A Tabela 4.41 apresenta estes dados, onde Alc_c corresponde à alcalinidade total calculada e Alc' corresponde aos dados corrigidos.

Com os dados corrigidos e apresentados na Tabela 4.41, pode-se completar as informações necessárias para os cálculos do carbono total. Estes dados estão representados na Tabela 4.42.

Com os dados apresentados na Tabela 4.42, foi possível o cálculo do CO_2 total ($[CO_2]_T$). As Tabelas 4.43, 4.44, 4.45 e 4.46 apresentam todos os parâmetros, para cada campanha realizada (dezembro, março, maio e agosto, respectivamente), que foram obtidos para finalmente se obter os valores de CO_2 total. A $[CO_2]_T$ corresponde ao produto final da decomposição do metabolismo de bactérias e dos processos respiratórios de plantas e animais. Também é somado a água pela ação natural ou de ácidos provenientes de poluição, bicarbonato, etc.

Nas Tabelas 4.43, 4.44, 4.45 e 4.46 alguns valores aparecem mais de uma vez, decorrente de necessidades pertinentes às unidades utilizadas nas equações. Isto acontece com a alcalinidade, que foi determinada em mg de $CaCO_3.L^{-1}$ e é utilizada no cálculo da $[CO_2]_T$ em equivalente-grama de $CaCO_3.L^{-1}$; e também com a temperatura que deve ser transformada de graus Celsius ($^{\circ}C$) em graus Kelvin (K). Nota-se que a concentração de CO_2 também aparece de duas formas, isto é devido ao resultado final ser dado em mol de $CO_2.L^{-1}$ e utilizaremos posteriormente em mg de $CO_2.L^{-1}$.

Observando e comparando os dados de CO_2 total calculados para as quatro campanhas da Lagoa Itapeva (Tabelas 4.43, 4.44, 4.45 e 4.46) com os dados de CO_2 dissolvido, nota-se que alguns valores são incoerentes, ou seja, o valor da concentração de CO_2 total é maior do que a de CO_2 dissolvido. Este fato será discutido no item 4.2.6, onde serão avaliados todos os resultados e serão selecionados os pontos nos quais as análises serão realizadas.

TABELA 4.41: Dados de CO₂ dissolvido (mg CO₂.L⁻¹), pH, alcalinidade total calculada (mg CaCO₃.L⁻¹) e alcalinidade total corrigida (mg CaCO₃.L⁻¹), para cada ponto das campanhas do verão e da primavera na Lagoa Itapeva.

		Dez/98				Mar/99			
		CO ₂	pH	Alc _c	Alc'	CO ₂	pH	Alc _c	Alc'
NORTE	6h	1,76	7,31	18,54	9	5,28	7,57	102,01	13
	10h	1,76	7,43	24,45	10	5,28	7,77	159,52	16
	14h	1,76	7,68	43,39	11	5,28	7,67	127,45	15
	18h	2,64	7,66	62,27	11	7,92	7,84	285,48	22
	6h	2,64	7,49	41,78	11	7,04	7,61	146,87	15
	10h	2,64	7,49	41,70	11	7,04	7,73	196,61	18
	14h	3,52	7,56	65,45	12	4,40	7,88	170,27	17
	18h	3,52	7,58	69,06	12	4,40	7,86	162,61	16
	6h	1,76	7,48	27,53	10	7,04	7,64	159,19	16
	10h	1,76	7,85	63,56	12	6,16	7,76	183,28	17
	14h	1,76	7,66	41,83	11	5,28	8,08	330,74	24
	18h	0,88	7,74	24,67	10	4,40	7,93	194,00	18
CENTRO	6h	1,76	7,76	52,77	11	9,68	7,83	333,86	24
	10h	0,88	7,75	25,68	10	5,28	7,97	253,31	20
	14h	1,76	7,86	66,30	12	3,52	7,84	125,91	14
	18h	2,64	7,80	86,62	13	6,16	8,04	351,91	25
	6h	1,76	7,65	40,96	10	7,92	7,87	299,51	23
	10h	2,64	7,75	77,35	12	7,92	7,98	387,33	27
	14h	1,76	7,66	41,83	11	6,16	8,08	382,92	26
	18h	3,52	7,63	76,60	12	6,16	8,07	373,48	26
	6h	1,76	7,68	43,39	11	9,68	7,83	333,86	24
	10h	2,64	7,91	110,31	14	8,80	7,99	446,35	29
	14h	1,76	7,96	83,63	12	10,56	8,12	721,14	42
	18h	2,64	7,90	107,80	14	5,28	8,07	318,29	23
SUL	6h	0,88	7,29	8,92	9	3,52	7,67	85,13	13
	10h	1,76	6,50	2,88	9	5,28	7,89	209,09	18
	14h	1,76	7,31	18,37	9	5,28	8,28	515,22	33
	18h	2,64	7,22	22,57	10	5,28	8,16	394,60	27
	6h	2,64	7,54	46,97	11	7,04	7,69	176,58	17
	10h	2,64	7,50	43,41	11	7,04	7,73	194,36	18
	14h	3,52	7,41	46,96	11	5,28	7,85	190,69	17
	18h	4,40	7,45	64,61	12	5,28	7,88	207,89	18
	6h	2,64	7,41	35,22	10	8,80	7,73	241,09	20
	10h	1,76	7,45	25,75	10	8,80	7,76	258,33	21
	14h	1,76	7,53	30,78	10	6,16	7,98	300,10	23
	18h	2,64	7,59	52,90	11	4,40	7,95	201,21	18

TABELA 4.42: Parâmetros experimentais e corrigidos (em negrito) referentes às quatro campanhas na Lagoa Itapeva - CO₂ dissolvido (mg CO₂.L⁻¹), pH, alcalinidade total (mg CaCO₃.L⁻¹) e temperatura (°C).

		Dez/98				Mar/99				Mai/99				Ago/99			
		CO ₂	Alc	pH	T	CO ₂	Alc	pH	T	CO ₂	Alc	pH	T	CO ₂	Alc	pH	T
NORTE	6h	1,76	9	7,31	23,94	5,28	13	7,57	28,81	5,28	3	7,38	13,45	2,64	19	7,50	13,31
	10h	1,76	10	7,43	25,16	5,28	16	7,77	29,72	4,40	2	7,38	13,55	3,52	23	7,55	13,27
	14h	1,76	11	7,68	25,41	5,28	15	7,67	30,80	2,64	5	7,42	14,68	2,64	20	7,55	14,02
	18h	2,64	11	7,66	25,10	7,92	22	7,84	30,82	2,64	6	7,45	14,79	2,64	18	7,56	13,25
	6h	2,64	11	7,49	23,57	7,04	15	7,61	28,16	3,52	8	7,37	15,43	4,40	18	7,57	10,87
	10h	2,64	11	7,49	24,16	7,04	18	7,73	28,75	2,64	7	7,40	15,61	4,40	15	7,55	11,69
	14h	3,52	12	7,56	24,63	4,40	17	7,88	30,59	2,64	7	7,50	16,68	5,28	16	7,58	12,59
	18h	3,52	12	7,58	24,42	4,40	16	7,86	30,17	3,52	8	7,48	16,70	4,40	15	7,58	12,81
	6h	1,76	10	7,48	21,43	7,04	16	7,64	26,82	3,52	12	7,38	15,46	9,68	19	7,51	12,70
	10h	1,76	12	7,85	24,23	6,16	17	7,76	27,87	4,40	8	7,42	15,15	9,68	20	7,54	13,11
	14h	1,76	11	7,66	24,80	5,28	24	8,08	29,59	4,40	13	7,43	16,20	6,16	13	7,58	14,96
	18h	0,88	10	7,74	24,80	4,40	18	7,93	29,15	3,52	13	7,42	16,23	8,80	15	7,60	15,50
CENTRO	6h	1,76	11	7,76	22,69	9,68	24	7,83	28,42	5,28	4	8,09	14,14	1,76	26	8,17	13,64
	10h	0,88	10	7,75	24,06	5,28	20	7,97	29,10	3,52	3	8,11	14,27	2,64	23	8,18	12,97
	14h	1,76	12	7,86	24,28	3,52	14	7,84	29,70	2,64	5	8,15	15,01	2,64	22	8,14	13,07
	18h	2,64	13	7,80	24,09	6,16	25	8,04	30,66	2,64	7	8,14	15,04	2,64	24	8,09	12,77
	6h	1,76	10	7,65	23,41	7,92	23	7,87	27,48	4,4	2	8,10	15,13	2,64	27	8,13	11,47
	10h	2,64	12	7,75	23,69	7,92	27	7,98	27,67	2,64	2	8,11	15,34	3,52	26	8,15	11,79
	14h	1,76	11	7,66	24,13	6,16	26	8,08	29,58	2,64	7	8,27	17,07	3,52	21	8,22	13,28
	18h	1,77	12	7,63	24,07	6,16	26	8,07	29,69	2,64	8	8,17	16,67	7,04	19	8,17	13,03
	6h	1,76	11	7,68	20,50	9,68	24	7,83	26,28	3,52	12	8,08	15,37	9,68	17	8,07	13,22
	10h	2,64	14	7,91	21,91	8,80	29	7,99	26,64	3,52	14	8,11	15,47	10,56	14	8,07	13,40
	14h	1,76	12	7,96	23,14	10,56	42	8,12	28,15	5,28	14	8,17	16,55	7,04	19	8,03	15,00
	18h	2,64	14	7,90	22,96	5,28	23	8,07	28,53	5,28	14	8,15	16,34	7,92	19	8,06	15,57
SUL	6h	0,88	9	7,29	22,96	3,52	13	7,67	27,60	4,4	5	7,67	14,54	3,52	21	7,39	14,15
	10h	1,76	9	6,50	25,14	5,28	18	7,89	28,13	2,64	3	7,75	14,56	3,52	22	7,38	13,71
	14h	1,76	9	7,31	24,94	5,28	33	8,28	31,22	2,64	5	7,81	15,22	1,76	21	7,42	14,28
	18h	2,64	10	7,22	24,76	5,28	27	8,16	30,85	1,76	5	7,74	15,25	2,64	19	7,44	13,59
	6h	2,64	11	7,54	23,17	7,04	17	7,69	27,61	2,64	8	7,62	14,83	5,28	15	7,37	11,83
	10h	2,64	11	7,50	23,73	7,04	18	7,73	28,23	2,64	8	7,62	15,04	5,28	18	7,41	11,92
	14h	3,52	11	7,41	24,28	5,28	17	7,85	29,84	3,52	8	7,71	16,15	4,4	21	7,38	12,65
	18h	4,40	12	7,45	23,54	5,28	18	7,88	29,43	3,52	9	7,61	16,43	7,04	18	7,40	12,84
	6h	2,64	10	7,41	20,98	8,80	20	7,73	26,03	3,52	10	7,56	15,04	9,68	14	7,43	12,98
	10h	1,76	10	7,45	21,63	8,80	21	7,76	26,83	4,4	15	7,63	14,96	8,80	20	7,44	13,27
	14h	1,76	10	7,53	22,75	6,16	23	7,98	28,32	3,52	16	7,63	15,95	7,04	16	7,45	14,84
	18h	2,64	11	7,59	22,89	4,40	18	7,95	28,22	3,52	15	7,64	16,10	7,92	17	7,44	15,31

TABELA 4.43: Dados de alcalinidade, pH, concentração de hidrogênio, temperatura, A (constante de Debye-Hückel), coeficientes de atividade para os íons CO₃²⁻ e HCO₃⁻, as constantes de dissociação iniciais e corrigidas, as frações de ionização e finalmente os valores da concentração de CO₂ correspondentes à campanha de dezembro de 1998 na Lagoa Itapeva.

	Alc		pH	[H ⁺] x10 ⁸	T		A	f _{CO3}	f _{HCO3}	K ₁ x10 ⁷	K ₁ ' x10 ⁷	K ₂ x10 ¹¹	K ₂ ' x10 ¹¹	a ₁ x10 ¹	a ₂ x10 ⁴	[CO ₂] _r		
	(1)	(2)x10 ³			(°C)	(K)										(3)x10 ³	(4)	
NORTE	6h	1,89	7,31	4,90	23,94	297,10	0,52	0,7813	0,9402	4,26	4,01	4,56	3,79	8,90	6,89	2,12	9,32	
	10h	1,94	7,43	3,72	25,16	298,32	0,51	0,7825	0,9405	4,34	4,08	4,68	3,89	9,16	9,59	2,12	9,32	
	14h	2,12	7,68	2,09	25,41	298,57	0,51	0,7828	0,9406	4,35	4,09	4,70	3,91	9,50	17,74	2,22	9,79	
	18h	2,30	7,66	2,19	25,10	298,26	0,51	0,7825	0,9405	4,33	4,08	4,67	3,89	9,47	16,83	2,41	10,63	
	6h	2,11	7,49	3,26	23,57	296,73	0,52	0,7810	0,9401	4,24	3,98	4,53	3,76	9,23	10,65	2,28	10,01	
	10h	2,10	7,49	3,27	24,16	297,32	0,52	0,7816	0,9402	4,28	4,02	4,58	3,81	9,24	10,77	2,27	10,00	
	14h	2,33	7,56	2,78	24,63	297,79	0,51	0,7820	0,9404	4,30	4,05	4,63	3,85	9,35	12,96	2,48	10,92	
	18h	2,36	7,58	2,63	24,42	297,58	0,51	0,7818	0,9403	4,29	4,03	4,61	3,83	9,38	13,65	2,51	11,04	
	6h	1,97	7,48	3,30	21,43	294,59	0,52	0,7789	0,9394	4,11	3,86	4,33	3,59	9,20	10,01	2,14	9,41	
	10h	2,31	7,85	1,43	24,23	297,39	0,52	0,7816	0,9403	4,28	4,02	4,59	3,81	9,63	25,72	2,38	10,49	
	14h	2,11	7,66	2,17	24,80	297,96	0,51	0,7822	0,9404	4,31	4,06	4,64	3,86	9,48	16,85	2,21	9,74	
	18h	1,95	7,74	1,84	24,80	297,96	0,51	0,7822	0,9404	4,31	4,06	4,64	3,86	9,55	20,02	2,03	8,93	
	CENTRO	6h	2,21	7,76	1,72	22,69	295,85	0,52	0,7801	0,9398	4,18	3,93	4,45	3,69	9,56	20,50	2,30	10,12
		10h	1,96	7,75	1,77	24,06	297,22	0,52	0,7815	0,9402	4,27	4,01	4,57	3,80	9,56	20,55	2,04	8,97
		14h	2,33	7,86	1,37	24,28	297,44	0,52	0,7817	0,9403	4,28	4,03	4,59	3,82	9,64	26,89	2,41	10,59
		18h	2,52	7,80	1,57	24,09	297,25	0,52	0,7815	0,9402	4,27	4,02	4,58	3,80	9,60	23,22	2,61	11,50
		6h	2,10	7,65	2,22	23,41	296,57	0,52	0,7808	0,9400	4,23	3,98	4,51	3,75	9,46	15,99	2,21	9,73
		10h	2,44	7,75	1,76	23,69	296,85	0,52	0,7811	0,9401	4,25	3,99	4,54	3,77	9,56	20,46	2,54	11,17
14h		2,11	7,66	2,17	24,13	297,29	0,52	0,7815	0,9402	4,27	4,02	4,58	3,81	9,47	16,61	2,22	9,75	
18h		2,43	7,63	2,37	24,07	297,23	0,52	0,7815	0,9402	4,27	4,01	4,57	3,80	9,43	15,12	2,57	11,30	
6h		2,12	7,68	2,09	20,50	293,66	0,52	0,7780	0,9392	4,05	3,80	4,24	3,51	9,46	15,89	2,23	9,83	
10h		2,74	7,91	1,23	21,91	295,07	0,52	0,7793	0,9396	4,14	3,89	4,37	3,63	9,66	28,38	2,82	12,41	
14h		2,49	7,96	1,09	23,14	296,30	0,52	0,7806	0,9399	4,21	3,96	4,49	3,73	9,70	33,29	2,55	11,24	
18h		2,72	7,90	1,26	22,96	296,12	0,52	0,7804	0,9399	4,20	3,95	4,47	3,71	9,66	28,38	2,80	12,31	
SUL		6h	1,80	7,29	5,09	22,96	296,12	0,52	0,7804	0,9399	4,20	3,95	4,47	3,71	8,85	6,46	2,03	8,93
		10h	1,74	6,50	31,50	25,14	298,30	0,51	0,7825	0,9405	4,33	4,08	4,67	3,89	5,64	0,70	3,09	13,60
		14h	1,89	7,31	4,95	24,94	298,10	0,51	0,7823	0,9405	4,32	4,07	4,66	3,87	8,91	6,98	2,12	9,31
		18h	1,93	7,22	6,04	24,76	297,92	0,51	0,7821	0,9404	4,31	4,06	4,64	3,86	8,70	5,56	2,21	9,73
		6h	2,15	7,54	2,90	23,17	296,33	0,52	0,7806	0,9400	4,21	3,96	4,49	3,73	9,31	11,97	2,31	10,16
		10h	2,12	7,50	3,14	23,73	296,89	0,52	0,7811	0,9401	4,25	3,99	4,54	3,77	9,26	11,14	2,28	10,05
	14h	2,15	7,41	3,87	24,28	297,44	0,52	0,7817	0,9403	4,28	4,03	4,59	3,82	9,12	9,00	2,36	10,38	
	18h	2,32	7,45	3,51	23,54	296,70	0,52	0,7809	0,9401	4,24	3,98	4,52	3,76	9,18	9,82	2,52	11,09	
	6h	2,04	7,41	3,87	20,98	294,14	0,52	0,7784	0,9393	4,08	3,83	4,29	3,55	9,08	8,34	2,25	9,89	
	10h	1,96	7,45	3,53	21,63	294,79	0,52	0,7791	0,9395	4,12	3,87	4,35	3,60	9,16	9,36	2,13	9,38	
	14h	2,00	7,53	2,95	22,75	295,91	0,52	0,7802	0,9398	4,19	3,94	4,45	3,70	9,29	11,63	2,15	9,46	
	18h	2,21	7,59	2,58	22,89	296,05	0,52	0,7803	0,9399	4,20	3,94	4,46	3,71	9,37	13,49	2,35	10,34	

(1) mg CaCO₃.L⁻¹

(2) eq CaCO₃.L⁻¹

(3) mol CO₂.L⁻¹

(4) mg CO₂.L⁻¹

TABELA 4.44: Dados de alcalinidade, pH, concentração de hidrogênio, temperatura, A (constante de Debye-Hückel), coeficientes de atividade para os íons CO_3^{2-} e HCO_3^- , as constantes de dissociação iniciais e corrigidas, as frações de ionização e finalmente os valores da concentração de CO_2 correspondentes à campanha de março de 1999 na Lagoa Itapeva

	Alc		pH	$[\text{H}^+]$ $\times 10^8$	T		A	f_{CO_2}	f_{HCO_3}	K_1 $\times 10^7$	K_1' $\times 10^7$	K_2 $\times 10^{11}$	K_2' $\times 10^{11}$	a_1 $\times 10^1$	a_2 $\times 10^4$	$[\text{CO}_2]_r$	
	(1)	(2) $\times 10^4$			(°C)	(K)										(3) $\times 10^4$	(4)
NORTE	6h	2,67	7,57	2,67	301,97	0,50	0,7860	0,9416	4,56	4,29	5,02	4,19	9,40	14,73	2,83	12,44	
	10h	3,20	7,77	1,71	302,88	0,50	0,7869	0,9418	4,62	4,35	5,10	4,26	9,60	23,95	3,32	14,60	
	14h	2,90	7,67	2,14	303,96	0,50	0,7879	0,9421	4,68	4,41	5,20	4,35	9,52	19,36	3,04	13,36	
	18h	4,37	7,84	1,43	303,98	0,50	0,7879	0,9421	4,68	4,41	5,20	4,35	9,66	29,35	4,50	19,80	
	6h	3,08	7,61	2,47	301,32	0,51	0,7854	0,9414	4,52	4,26	4,96	4,13	9,44	15,77	3,26	14,33	
	10h	3,54	7,73	1,85	301,91	0,50	0,7859	0,9416	4,56	4,29	5,01	4,18	9,57	21,65	3,69	16,23	
	14h	3,30	7,88	1,33	303,75	0,50	0,7877	0,9421	4,67	4,40	5,18	4,33	9,68	31,43	3,39	14,91	
	18h	3,23	7,86	1,40	303,33	0,50	0,7873	0,9420	4,64	4,37	5,14	4,30	9,66	29,74	3,32	14,61	
	6h	3,20	7,64	2,28	299,98	0,51	0,7841	0,9410	4,44	4,18	4,83	4,02	9,47	16,69	3,37	14,81	
	10h	3,42	7,76	1,73	301,03	0,51	0,7851	0,9413	4,50	4,24	4,93	4,11	9,59	22,71	3,55	15,63	
	14h	4,79	8,08	0,82	302,75	0,50	0,7867	0,9418	4,61	4,34	5,09	4,25	9,76	50,38	4,86	21,37	
	18h	3,52	7,93	1,17	302,31	0,50	0,7863	0,9417	4,58	4,31	5,05	4,21	9,70	34,94	3,60	15,85	
	6h	4,82	7,83	1,50	301,58	0,50	0,7856	0,9415	4,54	4,27	4,98	4,15	9,64	26,76	4,98	21,89	
	10h	4,07	7,97	1,08	302,26	0,50	0,7863	0,9417	4,58	4,31	5,04	4,21	9,72	38,04	4,16	18,29	
	14h	2,89	7,84	1,44	302,86	0,50	0,7868	0,9418	4,61	4,35	5,10	4,26	9,65	28,49	2,97	13,09	
	18h	4,99	8,04	0,90	303,82	0,50	0,7877	0,9421	4,67	4,40	5,19	4,34	9,75	46,83	5,07	22,29	
	6h	4,50	7,87	1,36	300,64	0,51	0,7847	0,9412	4,48	4,22	4,89	4,08	9,66	28,87	4,63	20,39	
	10h	5,32	7,98	1,06	300,83	0,51	0,7849	0,9413	4,49	4,23	4,91	4,09	9,72	37,71	5,43	23,89	
14h	5,28	8,08	0,83	302,74	0,50	0,7867	0,9418	4,61	4,34	5,09	4,25	9,76	49,97	5,35	23,54		
18h	5,19	8,07	0,85	302,85	0,50	0,7868	0,9418	4,61	4,35	5,10	4,26	9,76	48,83	5,26	23,16		
6h	4,82	7,83	1,50	299,44	0,51	0,7836	0,9409	4,41	4,14	4,78	3,98	9,63	25,62	4,98	21,92		
10h	5,87	7,99	1,02	299,80	0,51	0,7839	0,9410	4,43	4,17	4,81	4,01	9,72	38,33	5,99	26,34		
14h	8,42	8,12	0,76	301,31	0,51	0,7854	0,9414	4,52	4,26	4,95	4,13	9,77	53,46	8,52	37,50		
18h	4,68	8,07	0,86	301,69	0,50	0,7857	0,9415	4,54	4,28	4,99	4,16	9,76	47,46	4,75	20,88		
6h	2,51	7,67	2,13	300,76	0,51	0,7849	0,9412	4,49	4,22	4,90	4,09	9,50	18,20	2,63	11,57		
10h	3,66	7,89	1,30	301,29	0,51	0,7854	0,9414	4,52	4,25	4,95	4,13	9,67	30,67	3,76	16,55		
14h	6,51	8,28	0,53	304,38	0,50	0,7882	0,9422	4,71	4,44	5,24	4,38	9,80	81,24	6,53	28,73		
18h	5,39	8,16	0,69	304,01	0,50	0,7879	0,9421	4,69	4,41	5,21	4,35	9,79	61,69	5,44	23,91		
6h	3,36	7,69	2,06	300,77	0,51	0,7849	0,9412	4,49	4,22	4,90	4,09	9,52	18,92	3,52	15,47		
10h	3,52	7,73	1,87	301,39	0,50	0,7854	0,9414	4,52	4,26	4,96	4,14	9,56	21,17	3,67	16,15		
14h	3,49	7,85	1,43	303,00	0,50	0,7870	0,9419	4,62	4,35	5,11	4,27	9,65	28,85	3,59	15,81		
18h	3,65	7,88	1,31	302,59	0,50	0,7866	0,9417	4,60	4,33	5,07	4,24	9,68	31,28	3,75	16,49		
6h	3,96	7,73	1,88	299,19	0,51	0,7834	0,9408	4,39	4,13	4,76	3,96	9,54	20,07	4,13	18,17		
10h	4,12	7,76	1,76	299,99	0,51	0,7841	0,9410	4,44	4,18	4,83	4,03	9,58	21,93	4,28	18,84		
14h	4,51	7,98	1,06	301,48	0,50	0,7855	0,9414	4,53	4,26	4,97	4,15	9,72	38,05	4,60	20,24		
18h	3,59	7,95	1,13	301,38	0,50	0,7854	0,9414	4,52	4,26	4,96	4,14	9,71	35,60	3,67	16,14		

(1) mg $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ (2) eq $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ (3) mol $\text{CO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ (4) mg $\text{CO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$

TABELA 4.45: Dados de alcalinidade, pH, concentração de hidrogênio, temperatura, A (constante de Debye-Hückel), coeficientes de atividade para os íons CO₃²⁻ e HCO₃⁻, as constantes de dissociação iniciais e corrigidas, as frações de ionização e finalmente os valores da concentração de CO₂ correspondentes à campanha de maio de 1999 na Lagoa Itapeva

	Alc		pH	[H ⁺] x10 ⁸	T		A	f _{CO3}	f _{HCO3}	K ₁ x10 ⁷	K ₁ ' x10 ⁷	K ₂ x10 ¹¹	K ₂ ' x10 ¹¹	a ₁ x10 ⁴	a ₂ x10 ⁴	[CO ₂] _r		
	(1)	(2)x10 ⁴			(°C)	(K)										(3)x10 ³	(4)	
NORTE	6h	0,60	7,38	4,15	13,45	286,61	0,54	0,7707	0,9370	3,62	3,39	3,59	2,95	8,90	6,32	0,67	2,96	
	10h	0,40	7,38	4,20	13,55	286,71	0,54	0,7708	0,9370	3,63	3,40	3,60	2,96	8,89	6,26	0,45	1,98	
	14h	1,00	7,42	3,80	14,68	287,84	0,54	0,7720	0,9374	3,69	3,46	3,70	3,05	9,00	7,22	1,11	4,88	
	18h	1,20	7,45	3,51	14,79	287,95	0,54	0,7721	0,9374	3,70	3,47	3,71	3,06	9,07	7,89	1,32	5,81	
	6h	1,60	7,37	4,27	15,43	288,59	0,54	0,7728	0,9376	3,74	3,51	3,77	3,11	8,91	6,48	1,79	7,89	
	10h	1,40	7,40	3,94	15,61	288,77	0,54	0,7730	0,9377	3,75	3,52	3,79	3,12	8,99	7,11	1,56	6,84	
	14h	1,40	7,50	3,17	16,68	289,84	0,54	0,7741	0,9380	3,82	3,58	3,89	3,21	9,18	9,29	1,52	6,70	
	18h	1,60	7,48	3,34	16,70	289,86	0,54	0,7741	0,9380	3,82	3,58	3,89	3,21	9,14	8,77	1,75	7,69	
	6h	2,40	7,38	4,21	15,46	288,62	0,54	0,7728	0,9376	3,74	3,51	3,77	3,11	8,92	6,59	2,69	11,82	
	10h	1,60	7,42	3,83	15,15	288,31	0,54	0,7725	0,9375	3,72	3,49	3,74	3,08	9,00	7,25	1,77	7,81	
	14h	2,60	7,43	3,71	16,20	389,36	0,54	0,7736	0,9380	3,79	3,55	3,84	3,17	9,05	7,73	2,87	12,62	
	18h	2,60	8,42	3,84	16,23	389,39	0,54	0,7736	0,9380	3,79	3,55	3,84	3,17	9,02	7,45	2,88	12,66	
	CENTRO	6h	0,80	8,09	0,81	14,14	287,30	0,54	0,7715	0,9372	3,66	3,43	3,65	3,00	9,73	36,26	0,82	3,59
		10h	0,60	8,11	0,78	14,27	287,43	0,54	0,7716	0,9372	3,67	3,44	3,66	3,01	9,74	37,62	0,61	2,69
		14h	1,00	8,15	0,71	15,01	288,17	0,54	0,7724	0,9375	3,71	3,48	3,73	3,07	9,76	42,29	1,02	4,47
		18h	1,40	8,14	0,73	15,04	288,20	0,54	0,7724	0,9375	3,72	3,48	3,73	3,08	9,76	41,27	1,42	6,26
6h		2,40	8,10	0,79	15,13	288,29	0,54	0,7725	0,9375	3,72	3,49	3,74	3,08	9,74	37,96	0,41	1,79	
10h		2,40	8,11	0,77	15,34	288,50	0,54	0,7727	0,9376	3,74	3,50	3,76	3,10	9,75	39,31	0,41	1,79	
14h		1,40	8,27	0,54	17,07	290,23	0,53	0,7745	0,9381	3,84	3,60	3,92	3,24	9,79	58,72	1,41	6,21	
18h		1,60	8,17	0,67	16,67	289,83	0,54	0,7741	0,9380	3,82	3,58	3,89	3,21	9,77	46,79	1,62	7,14	
6h		2,40	8,08	0,83	15,37	288,53	0,54	0,7727	0,9376	3,74	3,50	3,76	3,10	9,73	36,37	2,45	10,77	
10h		2,80	8,11	0,77	15,47	288,63	0,54	0,7728	0,9376	3,74	3,51	3,77	3,11	9,75	39,36	2,85	12,54	
14h		2,80	8,17	0,68	16,55	289,71	0,54	0,7739	0,9379	3,81	3,57	3,87	3,20	9,77	45,65	2,84	12,50	
18h		2,80	8,15	0,70	16,34	289,50	0,54	0,7737	0,9379	3,80	3,56	3,86	3,18	9,76	44,11	2,84	12,51	
SUL		6h	1,00	7,67	2,16	14,54	287,70	0,54	0,7719	0,9373	3,69	3,45	3,69	3,04	9,40	13,19	1,06	4,67
		10h	0,60	7,75	1,77	14,56	287,72	0,54	0,7719	0,9373	3,69	3,46	3,69	3,04	9,50	16,32	0,63	2,77
		14h	1,00	7,81	1,54	15,22	288,38	0,54	0,7726	0,9375	3,73	3,49	3,75	3,09	9,56	19,15	1,04	4,58
		18h	1,00	7,74	1,81	15,25	288,41	0,54	0,7726	0,9375	3,73	3,50	3,75	3,09	9,49	16,19	1,05	4,62
	6h	1,60	7,62	2,39	14,83	287,99	0,54	0,7722	0,9374	3,70	3,47	3,71	3,06	9,34	11,94	1,71	7,52	
	10h	1,60	7,62	2,42	15,04	288,20	0,54	0,7724	0,9375	3,72	3,48	3,73	3,08	9,34	11,86	1,71	7,52	
	14h	1,60	7,71	1,95	16,15	289,31	0,54	0,7735	0,9378	3,78	3,55	3,84	3,16	9,46	15,36	1,69	7,41	
	18h	1,80	7,61	2,45	16,43	289,59	0,54	0,7738	0,9379	3,80	3,57	3,86	3,19	9,34	12,13	1,92	8,45	
	6h	2,00	7,56	2,73	15,04	288,20	0,54	0,7724	0,9375	3,72	3,48	3,73	3,08	9,26	10,43	2,15	9,48	
	10h	3,00	7,63	2,33	14,96	288,12	0,54	0,7723	0,9374	3,71	3,48	3,73	3,07	9,36	12,33	3,20	14,06	
	14h	3,20	7,63	2,33	15,95	289,11	0,54	0,7733	0,9378	3,77	3,54	3,82	3,15	9,37	12,66	3,41	14,99	
	18h	3,00	7,64	2,27	16,10	289,26	0,54	0,7735	0,9378	3,78	3,55	3,83	3,16	9,39	13,05	3,19	14,03	

(1) mg CaCO₃.L⁻¹ (2) eq CaCO₃.L⁻¹ (3) mol CO₂.L⁻¹ (4) mg CO₂.L⁻¹

TABELA 4.46: Dados de alcalinidade, pH, concentração de hidrogênio, temperatura, A (constante de Debye-Hückel), coeficientes de atividade para os íons CO_3^{2-} e HCO_3^- ; as constantes de dissociação iniciais e corrigidas, as frações de ionização e finalmente os valores da concentração de CO_2 correspondentes à campanha de agosto de 1999 na Lagoa Itapeva

	Alc		pH	$[\text{H}^+]$ $\times 10^8$	T		A	f_{CO_3}	f_{HCO_3}	K_1 $\times 10^7$	K_1' $\times 10^7$	K_2 $\times 10^{11}$	K_2' $\times 10^{11}$	a_1 $\times 10^1$	a_2 $\times 10^4$	$[\text{CO}_2]_r$		
	(1)	(2) $\times 10^4$			(°C)	(K)										(3) $\times 10^4$	(4)	
NORTE	6h	3,80	7,50	3,17	13,31	286,47	0,54	0,7706	0,9369	3,61	3,38	3,57	2,94	9,14	8,47	4,15	18,27	
	10h	4,60	7,55	2,82	13,27	286,43	0,55	0,7705	0,9369	3,61	3,38	3,57	2,94	9,22	9,60	4,98	21,90	
	14h	4,00	7,55	2,83	14,02	287,18	0,54	0,7713	0,9372	3,65	3,42	3,64	3,00	9,23	9,75	4,33	19,04	
	18h	3,60	7,56	2,73	13,25	286,41	0,55	0,7705	0,9369	3,61	3,38	3,57	2,93	9,24	9,92	3,89	17,10	
	6h	3,60	7,57	2,68	10,87	284,03	0,55	0,7680	0,9361	3,46	3,24	3,35	2,74	9,23	9,45	3,89	17,13	
	10h	3,00	7,55	2,80	11,69	284,85	0,55	0,7689	0,9364	3,51	3,29	3,42	2,81	9,21	9,25	3,25	14,31	
	14h	3,20	7,58	2,65	12,59	285,75	0,55	0,7698	0,9367	3,57	3,34	3,51	2,88	9,26	10,08	3,45	15,18	
	18h	3,00	7,58	2,61	12,81	285,97	0,55	0,7701	0,9368	3,58	3,35	3,53	2,90	9,27	10,29	3,23	14,21	
	6h	3,80	7,51	3,07	12,70	285,86	0,55	0,7699	0,9367	3,57	3,35	3,52	2,89	9,15	8,61	4,14	18,24	
	10h	4,00	7,54	2,88	13,11	286,27	0,55	0,7704	0,9369	3,60	3,37	3,55	2,92	9,20	9,35	4,34	19,08	
	14h	2,60	7,58	2,65	14,96	288,12	0,54	0,7723	0,9374	3,71	3,48	3,73	3,07	9,28	10,77	2,79	12,29	
	18h	3,00	7,60	2,53	15,50	288,66	0,54	0,7729	0,9376	3,74	3,51	3,78	3,11	9,32	11,48	3,21	14,13	
	CENTRO	6h	5,20	8,17	0,67	13,64	286,80	0,54	0,7709	0,9370	3,63	3,40	3,60	2,96	9,76	42,98	5,28	23,23
		10h	4,60	8,18	0,66	12,97	286,13	0,55	0,7702	0,9368	3,59	3,36	3,54	2,91	9,77	43,19	4,67	20,54
		14h	4,40	8,14	0,72	13,07	286,23	0,55	0,7703	0,9368	3,60	3,37	3,55	2,92	9,75	39,68	4,48	19,69
		18h	4,80	8,09	0,82	12,77	285,93	0,55	0,7700	0,9368	3,58	3,35	3,52	2,90	9,73	34,39	4,90	21,56
		6h	5,40	8,13	0,73	11,47	284,63	0,55	0,7686	0,9363	3,50	3,27	3,40	2,79	9,74	37,06	5,50	24,20
		10h	5,20	8,15	0,71	11,79	284,95	0,55	0,7690	0,9364	3,52	3,29	3,43	2,82	9,75	38,96	5,29	23,28
14h		4,20	8,22	0,61	13,28	286,44	0,54	0,7705	0,9369	3,61	3,38	3,57	2,94	9,78	47,27	4,25	18,72	
18h		3,80	8,17	0,68	13,03	286,19	0,55	0,7703	0,9368	3,59	3,37	3,55	2,92	9,76	42,10	3,86	16,98	
6h		3,40	8,07	0,85	13,22	286,38	0,55	0,7705	0,9369	3,60	3,38	3,56	2,93	9,72	33,61	3,47	15,28	
10h		2,80	8,07	0,86	13,40	286,56	0,54	0,7707	0,9370	3,62	3,39	3,58	2,95	9,72	33,45	2,86	12,59	
14h		3,80	8,03	0,93	15,00	288,16	0,54	0,7724	0,9375	3,71	3,48	3,73	3,07	9,71	32,03	3,89	17,11	
18h		3,80	8,06	0,88	15,57	288,73	0,54	0,7729	0,9376	3,75	3,52	3,78	3,12	9,72	34,62	3,88	17,07	
SUL		6h	4,20	7,39	4,03	14,15	287,31	0,54	0,7715	0,9372	3,66	3,43	3,65	3,01	8,94	6,66	4,69	20,64
		10h	4,40	7,38	4,21	13,71	286,87	0,54	0,7710	0,9371	3,63	3,41	3,61	2,97	8,89	6,28	4,94	21,74
		14h	4,20	7,42	3,85	14,28	287,44	0,54	0,7716	0,9372	3,67	3,44	3,66	3,02	8,99	7,05	4,67	20,53
		18h	3,80	7,44	3,60	13,59	286,75	0,54	0,7709	0,9370	3,63	3,40	3,60	2,96	9,04	7,44	4,20	18,47
		6h	3,00	7,37	4,26	11,83	284,99	0,55	0,7690	0,9365	3,52	3,30	3,44	2,82	8,85	5,86	3,39	14,89
		10h	3,60	7,41	3,88	11,92	285,08	0,55	0,7691	0,9365	3,53	3,30	3,44	2,83	8,94	6,53	4,02	17,69
	14h	4,20	7,38	4,13	12,65	285,81	0,55	0,7699	0,9367	3,57	3,34	3,51	2,89	8,90	6,22	4,71	20,75	
	18h	3,60	7,40	4,01	12,84	286,00	0,55	0,7701	0,9368	3,58	3,36	3,53	2,90	8,93	6,45	4,03	17,72	
	6h	2,80	7,43	3,72	12,98	286,14	0,55	0,7702	0,9368	3,59	3,36	3,54	2,91	9,00	7,05	3,11	13,67	
	10h	4,00	7,44	3,64	13,27	286,43	0,55	0,7705	0,9369	3,61	3,38	3,57	2,94	9,02	7,28	4,43	19,48	
	14h	3,20	7,45	3,54	14,84	288,00	0,54	0,7722	0,9374	3,70	3,47	3,72	3,06	9,07	7,84	3,52	15,50	
	18h	3,40	7,44	3,59	15,31	288,47	0,54	0,7727	0,9376	3,73	3,50	3,76	3,10	9,06	7,81	3,75	16,48	

(1) mg $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ (2) eq $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ (3) mol $\text{CO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ (4) mg $\text{CO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$

A determinação da concentração do carbono total (C_T), foi feita através da multiplicação dos valores da concentração de CO_2 total, apresentadas anteriormente, por 0,2729 (44,01 g de CO_2 corresponde a 12,01 g de C). A Tabela 4.47 apresenta os dados de $[CO_2]_T$ e $[C]_T$ para as diferentes campanhas realizadas na Lagoa Itapeva.

TABELA 4.47: Dados de concentração de CO_2 total (mg de $CO_2.L^{-1}$) e de concentração de carbono total (mg de $C.L^{-1}$) para as diferentes campanhas realizadas na Lagoa Itapeva.

		Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99	
		$[CO_2]_T$	$[C]_T$	$[CO_2]_T$	$[C]_T$	$[CO_2]_T$	$[C]_T$	$[CO_2]_T$	$[C]_T$
NORTE	6h	9,32	2,54	12,44	3,39	2,96	0,81	18,27	4,99
	10h	9,32	2,54	14,60	3,98	1,98	0,54	21,90	5,98
	14h	9,79	2,67	13,36	3,65	4,88	1,33	19,04	5,19
	18h	10,63	2,90	19,80	5,40	5,81	1,59	17,10	4,67
	6h	10,01	2,73	14,33	3,91	7,89	2,15	17,13	4,68
	10h	10,00	2,73	16,23	4,43	6,84	1,87	14,31	3,90
	14h	10,92	2,98	14,91	4,07	6,70	1,83	15,18	4,14
	18h	11,04	3,01	14,61	3,99	7,69	2,10	14,21	3,88
	6h	9,41	2,57	14,81	4,04	11,82	3,22	18,24	4,98
	10h	10,49	2,86	15,63	4,27	7,81	2,13	19,08	5,21
	14h	9,74	2,66	21,37	5,83	12,62	3,44	12,29	3,36
	18h	8,93	2,44	15,85	4,33	12,66	3,46	14,13	3,86
CENTRO	6h	10,12	2,76	21,89	5,97	3,59	0,98	23,23	6,34
	10h	8,97	2,45	18,29	4,99	2,69	0,73	20,54	5,61
	14h	10,59	2,89	13,09	3,57	4,47	1,22	19,69	5,37
	18h	11,50	3,14	22,29	6,08	6,26	1,71	21,56	5,88
	6h	9,73	2,65	20,39	5,56	1,79	0,49	24,20	6,60
	10h	11,17	3,05	23,89	6,52	1,79	0,49	23,28	6,35
	14h	9,75	2,66	23,54	6,42	6,21	1,70	18,72	5,11
	18h	11,30	3,08	23,16	6,32	7,14	1,95	16,98	4,63
	6h	9,83	2,68	21,92	5,98	10,77	2,94	15,28	4,17
	10h	12,41	3,39	26,34	7,19	12,54	3,42	12,59	3,43
	14h	11,24	3,07	37,50	10,23	12,50	3,41	17,11	4,67
	18h	12,31	3,36	20,88	5,70	12,51	3,41	17,07	4,66
SUL	6h	8,93	2,44	11,57	3,16	4,67	1,27	20,64	5,63
	10h	13,60	3,71	16,55	4,52	2,77	0,76	21,74	5,93
	14h	9,31	2,54	28,73	7,84	4,58	1,25	20,53	5,60
	18h	9,73	2,66	23,91	6,53	4,62	1,26	18,47	5,04
	6h	10,16	2,77	15,47	4,22	7,52	2,05	14,89	4,06
	10h	10,05	2,74	16,15	4,41	7,52	2,05	17,69	4,83
	14h	10,38	2,83	15,81	4,31	7,41	2,02	20,75	5,66
	18h	11,09	3,03	16,49	4,50	8,45	2,31	17,72	4,84
	6h	9,89	2,70	18,17	4,96	9,48	2,59	13,67	3,73
	10h	9,38	2,56	18,84	5,14	14,06	3,84	19,48	5,32
	14h	9,46	2,58	20,24	5,52	14,99	4,09	15,50	4,23
	18h	10,34	2,82	16,14	4,41	14,03	3,83	16,48	4,50

Utilizando-se a equação 3.31, e as informações das Tabelas 4.47, 3.2 (valores de z') e 4.15 (valores de z) obteve-se os valores do fluxo de carbono (C'_T) expressos em $\text{mgC.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$. Na Tabela 4.48 estão descritos estes valores considerando a profundidade (superfície, meio ou fundo), estações (inverno, verão, primavera ou outono), horários de amostragem e localização da amostragem (norte, centro ou sul da Lagoa).

TABELA 4.48: Descrição dos fluxos de Carbono (C'_T) em $\text{mg C.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (**S**uperfície, **M**eio e **F**undo), em cada ponto de amostragem e campanha sazonal.

		PRIMAVERA			VERÃO			OUTONO			INVERNO		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
NORTE	6h	0,67	0,98	1,30	0,71	1,06	1,34	0,31	0,41	0,53	1,93	2,56	3,08
	10h	0,74	1,06	1,38	0,83	1,24	1,58	0,21	0,28	0,36	2,34	3,09	3,71
	14h	0,77	1,10	1,44	0,76	1,14	1,44	0,53	0,69	0,89	2,05	2,70	3,24
	18h	0,79	1,15	1,51	1,04	1,60	2,05	0,63	0,83	1,06	1,85	2,43	2,92
	6h	0,73	1,07	1,41	0,77	1,10	1,43	0,80	1,07	1,38	1,67	2,25	2,74
	10h	0,77	1,11	1,45	0,89	1,26	1,62	0,69	0,92	1,20	1,39	1,88	2,28
	14h	0,87	1,24	1,61	0,73	1,07	1,41	0,68	0,91	1,17	1,43	1,95	2,38
	18h	0,90	1,28	1,66	0,71	1,05	1,38	0,77	1,03	1,34	1,34	1,83	2,23
	6h	0,70	1,02	1,34	0,82	1,15	1,49	1,21	1,62	2,09	1,70	2,32	2,84
	10h	0,77	1,13	1,49	0,83	1,18	1,54	0,80	1,07	1,38	1,77	2,42	2,96
	14h	0,71	1,04	1,37	1,01	1,49	1,98	1,23	1,66	2,16	1,12	1,54	1,89
	18h	0,65	0,96	1,26	0,75	1,11	1,47	1,26	1,69	2,20	1,32	1,80	2,20
CENTRO	6h	0,86	1,15	1,38	1,41	2,15	2,77	0,33	0,49	0,64	1,74	2,54	3,33
	10h	0,78	1,03	1,24	1,17	1,80	2,32	0,24	0,36	0,46	1,54	2,24	2,95
	14h	0,91	1,21	1,45	0,83	1,28	1,65	0,39	0,59	0,77	1,48	2,15	2,82
	18h	0,99	1,31	1,58	1,42	2,18	2,81	0,56	0,84	1,09	1,62	2,35	3,09
	6h	0,83	1,11	1,33	1,33	2,03	2,61	0,16	0,24	0,31	1,82	2,64	3,47
	10h	0,96	1,28	1,53	1,56	2,38	3,06	0,16	0,24	0,31	1,75	2,54	3,33
	14h	0,84	1,11	1,34	1,54	2,34	3,01	0,55	0,83	1,08	1,41	2,04	2,68
	18h	0,97	1,29	1,55	1,50	2,29	2,95	0,63	0,95	1,24	1,29	1,87	2,45
	6h	0,84	1,12	1,35	1,33	2,08	2,70	0,91	1,40	1,83	1,15	1,67	2,19
	10h	1,07	1,42	1,70	1,60	2,50	3,25	1,06	1,63	2,13	0,94	1,37	1,80
	14h	0,97	1,29	1,54	2,32	3,60	4,67	1,07	1,63	2,13	1,28	1,87	2,45
	18h	1,06	1,41	1,69	1,31	2,02	2,61	1,07	1,63	2,13	1,28	1,86	2,45
SUL	6h	0,82	1,23	1,68	0,78	1,24	1,76	0,38	0,62	0,86	1,51	2,45	3,51
	10h	1,13	1,75	2,44	1,10	1,76	2,51	0,23	0,37	0,51	1,54	2,53	3,64
	14h	0,78	1,20	1,68	1,91	3,05	4,36	0,38	0,61	0,85	1,40	2,33	3,38
	18h	0,82	1,26	1,76	1,65	2,60	3,69	0,38	0,62	0,86	1,27	2,11	3,06
	6h	0,84	1,30	1,82	1,05	1,66	2,36	0,63	1,01	1,40	1,12	1,79	2,55
	10h	0,82	1,28	1,79	1,07	1,71	2,44	0,63	1,01	1,40	1,33	2,13	3,04
	14h	0,84	1,31	1,84	1,08	1,71	2,42	0,62	1,00	1,38	1,58	2,52	3,58
	18h	0,86	1,37	1,94	1,16	1,82	2,57	0,70	1,14	1,57	1,34	2,15	3,06
	6h	0,80	1,25	1,76	1,15	1,87	2,70	0,78	1,26	1,75	1,03	1,66	2,35
	10h	0,76	1,19	1,67	1,21	1,96	2,82	1,15	1,87	2,59	1,47	2,36	3,36
	14h	0,74	1,17	1,66	1,36	2,16	3,08	1,24	2,01	2,78	1,20	1,90	2,70
	18h	0,83	1,30	1,83	1,07	1,72	2,45	1,18	1,90	2,62	1,28	2,03	2,88

Os dados de fluxo apresentados na Tabela 4.48 serão utilizados posteriormente para elaboração dos balanços materiais na Lagoa Itapeva. Para exemplificar graficamente os dados apresentados na Tabela 4.48, tomamos aleatoriamente (6 horas, primavera e localização sul) um ponto amostral que por sua vez está representado na Figura 4.20. Esta figura pode ser comparada a Figura 3.7, onde se observa o gradiente do fluxo ao longo da profundidade. Na Figura 4.20, observa-se que na superfície o fluxo corresponde a $0,82 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ sendo que este valor aumenta ao longo da profundidade chegando a $1,68 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ a 1,6 metros abaixo da superfície.

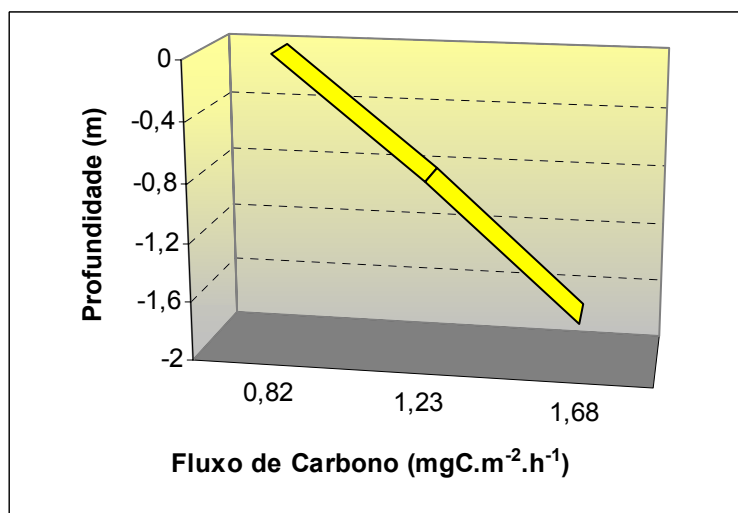


FIGURA 4.20: Exemplo do fluxo de carbono em função da profundidade na Lagoa Itapeva. Ponto amostral referente ao horário das 6 horas da manhã, na primavera e na localização sul.

4.2.3. Dados de respiração

Os dados de respiração apresentados na Tabela 3.3, foram inicialmente redistribuídos em subgrupos, onde os valores negativos e as falhas foram retirados. Além disto os dados foram agrupados em subgrupos, relacionando a respiração com o tempo e a profundidade. Os dados referentes a cada subgrupos estão apresentados nas Tabelas 4.49, 4.50, 4.51 e 4.52.

TABELA 4.49: Valores do tempo (t), profundidade (z) e taxa de respiração (R) para os três pontos de amostragem durante o período de dezembro de 1998 (primavera) na Lagoa Itapeva.

PN			PC			PS		
t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)	t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)	t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)
0	0,0	29,98	0	0,0	97,45	0	0,0	1078,08
8	0,0	52,28	12	0,0	48,78	4	0,0	67,80
12	0,0	29,56	24	0,0	98,68	12	0,0	17,43
32	0,0	74,68	28	0,0	153,38	24	0,0	102,90
36	0,0	0,82	48	0,0	41,19	32	0,0	50,72
48	0,0	69,76	52	0,0	163,55	36	0,0	24,59
52	0,0	157,68	56	0,0	89,71	48	0,0	2,18
56	0,0	60,95	60	0,0	34,66	56	0,0	10,31
60	0,0	45,36	0	0,5	119,62	60	0,0	55,89
8	0,6	37,67	8	0,5	8,58	0	0,8	1078,90
12	0,6	32,55	12	0,5	14,76	4	0,8	28,11
32	0,6	14,96	24	0,5	233,11	12	0,8	7,10
36	0,6	20,22	28	0,5	101,84	24	0,8	162,68
48	0,6	221,97	48	0,5	73,09	28	0,8	19,33
52	0,6	263,71	52	0,5	30,38	36	0,8	64,26
56	0,6	102,44	56	0,5	94,15	52	0,8	50,27
60	0,6	20,56	0	0,9	82,82	56	0,8	16,26
0	1,2	33,35	8	0,9	82,56	60	0,8	2,52
8	1,2	47,02	24	0,9	72,89	0	1,7	1176,19
12	1,2	32,58	28	0,9	109,81	4	1,7	43,22
36	1,2	0,57	48	0,9	73,54	8	1,7	118,91
52	1,2	261,81	52	0,9	42,50	12	1,7	41,24
60	1,2	38,07	56	0,9	57,55	28	1,7	101,78
			60	0,9	45,69	32	1,7	115,42
						36	1,7	32,56
						48	1,7	215,69
						52	1,7	38,62
						60	1,7	30,26

Fonte: Adaptado de Cardoso (2001).

TABELA 4.50: Valores do tempo (t), profundidade (z) e taxa de respiração (R) para os três pontos de amostragem durante o período de março de 1999 (verão) na Lagoa Itapeva.

VN			VC			VS		
t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)	t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)	t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)
0	0,0	374,33	0	0,0	80,97	4	0,0	16,67
4	0,0	40,89	8	0,0	128,57	28	0,0	54,74
28	0,0	129,40	24	0,0	198,33	32	0,0	24,98
36	0,0	0,33	28	0,0	88,68	36	0,0	8,21
48	0,0	99,10	36	0,0	25,81	52	0,0	19,33
56	0,0	11,43	0	0,6	172,76	56	0,0	27,69
60	0,0	77,90	4	0,6	21,89	60	0,0	11,50
0	0,5	176,04	8	0,6	98,50	4	0,7	5,04
4	0,5	93,89	12	0,6	19,82	8	0,7	3,56
12	0,5	13,92	24	0,6	128,04	24	0,7	25,36
24	0,4	188,90	28	0,6	21,39	28	0,7	22,47
28	0,4	94,16	32	0,6	28,04	48	0,7	85,70
32	0,4	25,75	52	0,6	215,93	52	0,7	16,04
36	0,4	7,71	0	1,1	224,37	56	0,7	25,44
48	0,4	54,06	4	1,1	86,68	60	0,7	1,33
56	0,4	7,85	8	1,1	387,08	4	1,5	71,03
4	0,9	77,30	12	1,1	0,48	8	1,5	99,53
8	0,9	0,55	24	1,1	124,39	24	1,5	46,66
12	0,9	9,43	28	1,1	13,84	28	1,5	174,44
24	0,8	98,98	32	1,1	67,34	32	1,5	279,13
28	0,8	79,95	36	1,1	12,96	36	1,5	37,39
32	0,8	33,46	52	1,1	109,53	56	1,5	32,88
36	0,8	65,69	60	1,1	10,00	60	1,5	14,02
48	0,8	212,28						
56	0,8	59,01						
60	0,8	10,55						
56	1,7	22,10						
60	1,7	26,19						

Fonte: Adaptado de Cardoso (2001).

TABELA 4.51: Valores do tempo (t), profundidade (z) e taxa de respiração (R) para os três pontos de amostragem durante o período de maio de 1999 (outono) na Lagoa Itapeva.

ON			OC			OS		
t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)	t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)	t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)
0	0,0	105,73	0	0,0	78,45	4	0,0	29,49
4	0,0	73,95	4	0,0	108,42	8	0,0	160,33
12	0,0	21,05	8	0,0	81,64	12	0,0	17,97
24	0,0	95,12	28	0,0	11,25	28	0,0	14,22
28	0,0	108,89	36	0,0	14,98	48	0,0	79,50
32	0,0	96,80	48	0,0	284,71	52	0,0	50,79
36	0,0	8,69	52	0,0	18,72	56	0,0	50,79
48	0,0	121,83	56	0,0	18,72	60	0,0	9,01
52	0,0	10,70	60	0,0	11,32	0	0,9	3,18
56	0,0	10,70	0	0,8	58,59	4	0,9	20,41
60	0,0	16,88	4	0,8	44,47	8	0,9	157,40
0	0,6	462,93	12	0,8	16,23	12	0,9	8,13
4	0,6	163,50	24	0,8	151,26	24	0,9	203,63
24	0,6	148,45	32	0,8	13,20	28	0,9	54,41
28	0,6	192,78	36	0,8	8,37	32	0,9	34,35
32	0,6	67,21	48	0,8	52,98	36	0,9	14,46
36	0,6	4,66	52	0,8	25,07	48	0,9	244,01
48	0,6	29,34	56	0,8	25,07	52	0,9	20,32
52	0,6	15,19	60	0,8	7,65	56	0,9	20,32
56	0,6	15,19	0	1,5	138,82	0	1,8	73,61
60	0,6	4,53	4	1,5	15,88	4	1,8	104,74
0	1,3	130,05	8	1,5	50,98	8	1,8	54,00
4	1,3	217,87	12	1,5	20,15	24	1,8	130,64
8	1,3	176,47	24	1,5	2,37	28	1,8	77,14
12	1,3	22,25	28	1,5	34,21	36	1,8	41,66
24	1,3	434,70	36	1,5	14,33	48	1,8	226,80
32	1,3	60,05	48	1,5	53,72	52	1,8	109,28
36	1,3	57,73	52	1,5	27,67	56	1,8	109,28
48	1,3	53,82	56	1,5	27,67	60	1,8	30,59
60	1,3	17,00	60	1,5	23,72			

Fonte: Adaptado de Cardoso (2001).

TABELA 4.52: Valores do tempo (t), profundidade (z) e taxa de respiração (R) para os três pontos de amostragem durante o período de agosto de 1999 (inverno) na Lagoa Itapeva.

IN			IC			IS		
t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)	t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)	t (h)	z (m)	R (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)
0	0,0	6,63	4	0,0	58,11	8	0,0	21,19
8	0,0	70,53	24	0,0	50,34	12	0,0	16,09
12	0,0	5,78	28	0,0	55,97	28	0,0	14,38
24	0,0	65,67	32	0,0	59,21	32	0,0	0,17
28	0,0	23,89	52	0,0	18,64	36	0,0	12,46
32	0,0	60,45	56	0,0	18,64	52	0,0	21,15
36	0,0	1,05	60	0,0	23,41	56	0,0	21,15
48	0,0	95,53	0	0,6	38,05	60	0,0	0,48
52	0,0	26,66	24	0,6	15,10	0	0,8	1,10
56	0,0	26,66	28	0,6	28,22	4	0,8	25,94
60	0,0	24,20	32	0,6	132,82	8	0,8	65,25
0	0,6	183,30	36	0,6	19,70	12	0,8	7,19
4	0,6	8,21	48	0,6	7,51	28	0,8	1,66
12	0,6	5,56	60	0,6	2,52	32	0,8	96,64
24	0,6	8,08	0	1,2	140,88	36	0,8	5,27
32	0,6	193,53	4	1,2	68,78	48	0,8	6,77
36	0,6	29,92	24	1,2	25,14	60	0,8	5,09
48	0,6	23,87	28	1,2	3,57	0	1,7	67,26
52	0,6	8,68	32	1,2	83,66	4	1,7	13,76
56	0,6	8,68	48	1,2	14,04	8	1,7	109,59
60	0,6	16,64	60	1,2	7,97	12	1,7	0,74
4	1,1	5,04				24	1,7	42,86
24	1,1	9,18				28	1,7	27,41
28	1,1	13,39				32	1,7	14,27
32	1,1	93,10				36	1,7	24,92
36	1,1	1,09				52	1,7	22,10
48	1,1	24,34				56	1,7	22,10
52	1,1	31,24				60	1,7	26,19
56	1,1	31,24						

Fonte: Adaptado de Cardoso (2001).

Pode-se observar que o número de amostras em cada subgrupo de estudo é variável, isto implicou em um número de graus de liberdade diferente e conseqüentemente em diferentes coeficientes de correlação para uma significância superior a 95% ($p > 0,05$). A Tabela 4.53 apresenta para cada subgrupo o número de variáveis utilizadas (N), os graus de

liberdade ($GL = N-2$) e os valores do coeficiente de correlação mínimo esperado para uma significância superior a 95% ($p > 0,05$).

TABELA 4.53: Número de amostras (N), graus de liberdade (GL) e valor do coeficiente de correlação (r) para os diferentes subgrupos em estudo.

Subgrupo	N	GL	r ($p = 0,05$)*
PN	23	21	0,413
PC	24	22	0,404
PS	28	26	0,374
VN	28	26	0,374
VC	23	21	0,413
VS	23	21	0,413
ON	30	28	0,361
OC	30	28	0,361
OS	29	27	0,367
IN	29	27	0,367
IC	21	19	0,433
IS	28	26	0,374

* Conforme tabela de coeficientes de correlação (Snedecor, 1966).

Utilizando-se, então, dos dados apresentados nas Tabelas 4.49, 4.50, 4.51, 4.52 e 4.53, foram determinadas, inicialmente, para cada subgrupo os parâmetros que melhor representavam a relação entre o horário de coleta e/ou profundidade com a taxa de respiração. Estes parâmetros foram determinados utilizando-se o método SWMR (descrito no item 3.2.3). A Tabela 4.54 expressa, para cada subgrupo, as combinações das variáveis independentes que melhor se adaptaram ao conjunto de dados. Nesta tabela, também são apresentados os valores de correlação obtidos entre as variáveis independentes e a variável dependente (equação 3.36).

O número de combinações entre as variáveis “t” e “z” alternam-se entre um mínimo de uma (subgrupo ON) e um máximo de sete (subgrupo VS). Observa-se, na Tabela 4.54, que o conjunto referente ao subgrupo PS gera um modelo com parâmetros que explicam 96,73% (r^2) da variação destes com a respiração. A média de explicação da variação é de 48,46%, sendo o menor valor o referente ao subgrupo IS com somente 26,23%. Todos os subgrupos geraram padrões de significância superior a 1%, exceto o subgrupo PC.

Pode-se, também, verificar que as combinações apresentadas na Tabela 4.54, possibilitam uma avaliação dos pontos significativos de correlação, ou seja, nas equações referentes aos subgrupos PN, PS, VC, ON, IN e IC a profundidade não apresentou em

nenhuma das variações possíveis de cálculo uma correlação significativa, não aparecendo então em nenhuma destas 6 (seis) combinações. Outro ponto que pode ser observado, neste sentido, é que somente a equação referente ao subgrupo VS dependeu significativamente da profundidade sem depender do tempo. As demais equações possuem relações significativas com estas duas variáveis (tempo e profundidade). As observações sobre as conseqüências e relações dos parâmetros aqui apresentados com a hidrodinâmica, os parâmetros físico-químicos e biológicos da Lagoa Itapeva, são discutidos detalhadamente no trabalho de Cardoso (2001).

TABELA 4.54: Combinações entre as variáveis t (tempo) e z (profundidade da coluna d'água) e coeficiente de correção destas combinações com a variável R (respiração), para cada subgrupo de estudo da Lagoa Itapeva.

Subgrupo	Parâmetros	r
PN	$(t^2 \cdot \text{sent})^6, (t^2 \cdot \text{sent})^5, (t^2 \cdot \text{sent})^4, (t^2 \cdot \text{sent})^3, (t^2 \cdot \text{sent})^2$ e $t^2 \cdot \text{sent}$	0,7425***
PC	t^3, t^4, t^5, t^z, e^t e $t^2 z^2$	0,5179**
PS	t^6, t^5, t^4, t^3, t^2 e t	0,9835***
VN	$(z^t)^3, (z^t)^2$ e z^t	0,7331***
VC	$(\text{sent})^6, (\text{sent})^5, (\text{sent})^4, (\text{sent})^3, (\text{sent})^2$ e sent	0,5993***
VS	$z^5, z^4, z^3, z^2, z, e^z$ e $\text{sen } z$	0,5594***
ON	t	0,7388***
OC	$(tz)^3, (tz)^2$ e (tz)	0,5353***
OS	z, tz e e^z	0,9203***
IN	$(\text{sen } t)^6, (\text{sen } t)^5, (\text{sen } t)^4, (\text{sen } t)^3, (\text{sen } t)^2$ e $(\text{sen } t)$	0,5693***
IC	t^6, t^5, t^4, t^3, t^2 e t	0,7436***
IS	$z, z^2, e^z, \text{sen } z$ e $\text{sen } t$	0,5122***

(ns) não significativo; (*) significativo para 95%; (**) significativo para 97,5% e (***) significativo para 99% conforme teste F.

Com o resultado das combinações apresentadas, e utilizando-se da metodologia de regressão múltipla descrita no item 3.5, foram determinadas as equações referentes a cada

subgrupo. A Tabela 4.55 apresenta estas equações com suas respectivas correlações e significâncias. Deve-se observar que as equações apresentadas estão na sua forma mais completa, podendo conforme o intervalo a que se pretende trabalhar simplificá-las.

A maioria das equações demonstraram uma boa significância ($p > 0,01$), comprovando a escolha dos parâmetros anteriormente discutidos. Contudo os subgrupos OC e OS não apresentaram nenhuma significância, possuindo uma baixa correlação entre os dados (0,3452 e 0,2829) apesar da escolha das variáveis terem apresentado boa significância (0,5353 e 0,9203) principalmente o grupo OS. Isto mostra que a relação dos dados aqui apresentada é pouco representativa, ou seja relacionar a respiração somente com a profundidade e o tempo não é suficiente.

Utilizando-se das equações apresentados na Tabela 4.55, os dados que haviam sido retirados da tabela original (Tabela 3.3) foram calculados. A Tabela 4.56 apresenta a descrição completa dos dados referentes à taxa de respiração no perfil da coluna d'água, em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

Para demonstrar a eficiência do método utilizado, foram construídas as curvas referentes a cada subgrupo (utilizando-se o Surfer), antes da complementação dos dados e após sua complementação. Estas comparações podem ser observadas nas Figuras 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31 e 4.32 para os subgrupos PN, PC, PS, VN, VC, VS, ON, OC, OS, IN, IC e IS respectivamente. Observando-se as curvas podemos notar que o ajuste foi adequado, mesmo nos subgrupos OC e OS que apresentaram baixa correlação. Nestas figuras, através das vistas superiores, nota-se uma normatização das curvas referentes à respiração, ou seja a diminuição de pontos de mínimo. A Figura 4.25 apresentou, aparentemente uma maior variação entre as duas situações, porém isto se deve a este subgrupo possuir poucos pontos amostrais e não ter apresentado uma boa correlação na escolha dos parâmetros testados.

Além da análise gráfica, utilizou-se a informação de cada ponto amostral fornecida no Surfer. Os dados fornecidos quando da elaboração dos gráficos estão expressos no Anexo 6, onde se pode observar os valores referentes ao volume ocupado pelas superfícies. Estes valores são calculados através de três métodos de integração numérica (Trapézio, Simpson e Simpson 3/8). A Figura 4.26 mostra a média dos volumes calculados em cada ponto amostral e a respectiva diferença percentual entre a análise feita antes das correções e posterior a estas correções.

TABELA 4.55: Equações obtidas através do método de regressão múltipla, para correlacionar os parâmetros (obtidos pelo método SWMR) referentes ao tempo (t) e profundidade (z) com a taxa de respiração nos diferentes subgrupos em estudo (r indica a correlação múltipla).

Subgrupo	Equação	r
PN	$R = 2 \times 10^{-17} \cdot (t^2 \cdot \text{sent})^6 - 9 \times 10^{-15} \cdot (t^2 \cdot \text{sent})^5 - 1 \times 10^{-10} \cdot (t^2 \cdot \text{sent})^4 - 4 \times 10^{-8} \cdot (t^2 \cdot \text{sent})^3 + 4 \times 10^{-5} \cdot (t^2 \cdot \text{sent})^2 + 0,022 \cdot t^2 \cdot \text{sent} + 37,022$	0,9086 ^{***}
PC	$R = -2,55 \times 10^{-5} \cdot t^3 - 4,77 \times 10^{-7} \cdot t^4 - 8,53 \times 10^{-9} \cdot t^5 - 1,48 \times 10^{-1} \cdot t^z - 6,71 \times 10^{-26} \cdot e^t - 2,44 \times 10^{-3} \cdot t^2 \cdot z^2 + 91,23$	0,5588 ^{***}
PS	$R = 5,10 \times 10^{-6} \cdot t^6 - 1,01 \times 10^{-3} \cdot t^5 + 7,73 \times 10^{-2} \cdot t^4 - 2,86 \cdot t^3 + 51,98 \cdot t^2 - 414,49 \cdot t + 1095,00$	0,9835 ^{***}
VN	$R = 242,540 \cdot (z^t)^3 + 224,080 \cdot (z^t)^2 - 257,290 \cdot z^t + 67,096$	0,7073 ^{***}
VC	$R = -2979,20 \cdot (\text{sen } t)^6 - 479,81 \cdot (\text{sen } t)^5 + 4424,70 \cdot (\text{sen } t)^4 + 645,52 \cdot (\text{sen } t)^3 - 1518,60 \cdot (\text{sen } t)^2 - 95,28 \cdot \text{sen } t + 149,60$	0,7430 ^{***}
VS	$R = 1,3545 \cdot z^5 + 2,0571 \cdot z^4 + 3,1589 \cdot z^3 + 4,8981 \cdot z^2 + 7,0639 \cdot z + 3,1846 \cdot e^z + 9,1603 \cdot \text{sen } z + 11,5116$	0,5422 [*]
ON	$R = -3,0419 \cdot t + 191,0200$	0,5459 ^{***}
OC	$R = -0,0003 \cdot (tz)^3 + 0,0476 \cdot (tz)^2 - 2,6094 \cdot (tz) + 71,3550$	0,3452 ^{ns}
OS	$R = 8,2387 \cdot z + 0,1722 \cdot (tz) + 2,7595 \cdot e^z + 52,1547$	0,2829 ^{ns}
IN	$R = -1389,3 \cdot (\text{sen } t)^6 - 753,5 \cdot (\text{sen } t)^5 + 1744,0 \cdot (\text{sen } t)^4 + 843,2 \cdot (\text{sen } t)^3 - 427,6 \cdot (\text{sen } t)^2 - 92,7 \cdot (\text{sen } t) + 68,0$	0,6251 ^{***}
IC	$R = -8,063 \times 10^7 \cdot t^6 + 1,490 \times 10^4 \cdot t^5 - 101,400 \cdot t^4 + 0,303 \cdot t^3 - 3,460 \cdot t^2 + 3,172 \cdot t + 89,385$	0,6914 ^{***}
IS	$R = 2,380 \cdot z + 1,242 \cdot z^2 + 0,832 \cdot e^z + 3,948 \cdot \text{sen } z + 3,160 \cdot \text{sen } t + 16,082$	0,5218 ^{***}

(ns) não significativo; (*) significativo para 95%; (**) significativo para 97,5% e (***) significativo para 99% conforme teste F.

TABELA 4.56: Dados corrigidos e /ou complementares referentes à descrição das taxas de respiração (R) em $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto e campanha sazonal.

		PRIMAVERA			VERÃO			OUTONO			INVERNO		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
NORTE	6h	29,98	37,02	33,35	374,33	176,04	276,43	105,73	462,93	130,05	6,63	183,30	67,96
	10h	36,76	36,76	36,76	40,89	93,89	77,30	73,95	163,50	217,87	25,87	8,21	5,04
	14h	52,28	37,67	47,02	67,10	66,09	0,55	166,68	166,68	176,47	70,53	28,08	28,08
	18h	29,56	32,55	32,58	67,10	13,92	9,43	21,05	154,52	22,25	5,78	5,56	9,25
	6h	35,35	35,35	35,35	67,10	188,90	98,98	95,12	148,45	434,70	65,67	8,08	9,18
	10h	42,95	42,95	42,95	129,40	94,16	79,95	108,89	192,78	105,85	23,89	35,98	13,39
	14h	74,68	14,96	45,08	67,10	25,75	33,46	96,80	67,21	60,05	60,45	193,53	93,10
	18h	0,82	20,22	0,57	0,33	7,71	65,69	8,69	4,66	57,73	1,05	29,92	1,09
	6h	69,76	221,97	134,74	99,10	54,06	212,28	121,83	29,34	53,82	95,53	23,87	24,34
	10h	157,68	263,71	261,81	67,10	67,10	67,09	10,70	15,19	32,84	26,66	8,68	31,24
	14h	60,95	102,44	55,33	11,43	7,85	59,01	10,70	15,19	20,67	26,66	8,68	31,24
	18h	45,36	20,56	38,07	77,90	67,10	10,55	16,88	4,53	17,00	24,20	16,64	48,52
CENTRO	6h	97,45	119,62	82,82	80,97	172,76	224,37	78,45	58,59	138,82	89,39	38,05	140,88
	10h	91,08	90,92	90,68	82,98	21,89	86,68	108,42	44,47	15,88	58,11	63,63	68,78
	14h	91,06	8,58	82,56	128,57	98,50	387,08	81,64	56,53	50,98	11,40	11,40	11,40
	18h	48,78	14,76	89,50	75,46	19,82	0,48	71,36	16,23	20,15	58,73	58,73	58,73
	6h	98,68	233,11	72,89	198,33	128,04	124,39	71,36	151,26	2,37	50,34	15,10	25,14
	10h	153,38	101,84	109,81	88,68	21,39	13,84	11,25	33,42	34,21	55,97	28,22	3,57
	14h	89,45	88,14	84,24	44,42	28,04	67,34	71,36	13,20	22,60	59,21	132,82	83,66
	18h	88,57	87,04	82,44	25,81	26,79	12,96	14,98	8,37	14,33	58,92	19,70	58,92
	6h	41,19	73,09	73,54	28,62	91,03	91,03	284,71	52,98	53,72	6,72	7,51	14,04
	10h	163,55	30,38	42,50	193,45	215,93	109,53	18,72	25,07	27,67	18,64	9,08	9,08
	14h	89,71	94,15	57,55	76,15	76,15	76,15	18,72	25,07	27,67	18,64	18,90	18,90
	18h	34,66	61,89	45,69	56,34	56,34	10,00	11,32	7,65	23,72	23,41	2,52	7,97
SUL	6h	1078,08	1078,90	1176,19	14,70	32,98	87,90	54,91	3,18	73,61	16,91	1,10	67,26
	10h	67,80	28,11	43,22	16,67	5,04	71,03	29,49	20,41	104,74	14,52	25,94	13,76
	14h	288,53	288,53	118,91	14,70	3,56	99,53	160,33	157,40	54,00	21,19	65,25	109,59
	18h	17,43	7,10	41,24	14,70	32,98	87,90	17,97	8,13	87,40	16,09	7,19	0,74
	6h	102,90	162,68	158,15	14,70	25,36	46,66	54,91	203,63	130,64	14,05	20,60	42,86
	10h	87,18	19,33	101,78	54,74	22,47	174,44	14,22	54,41	77,14	14,38	1,66	27,41
	14h	50,72	36,88	115,42	24,98	32,98	279,13	54,91	34,35	93,60	0,17	96,64	14,27
	18h	24,59	64,26	32,56	8,21	32,98	37,39	54,91	14,46	41,66	12,46	5,27	24,92
	6h	2,18	120,11	215,69	14,70	85,70	87,90	79,50	244,01	226,80	14,49	6,77	29,76
	10h	50,92	50,27	38,62	19,33	16,04	87,90	50,79	20,32	109,28	21,15	26,58	22,10
	14h	10,31	16,26	0,46	27,69	25,44	32,88	50,79	20,32	109,28	21,15	21,82	22,10
	18h	55,89	2,52	30,26	11,50	1,33	14,02	9,01	75,66	30,59	0,48	5,09	26,19

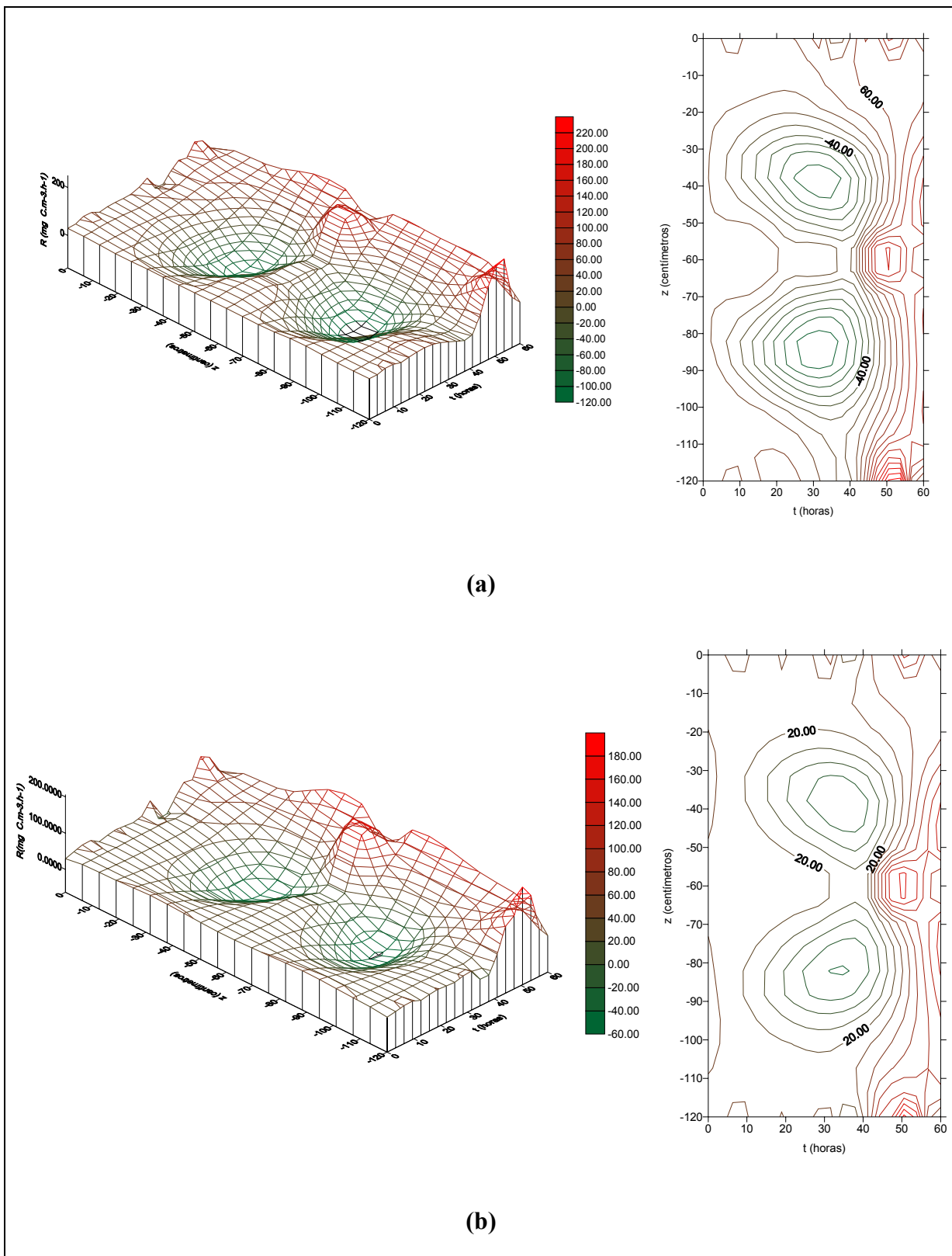


FIGURA 4.21: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

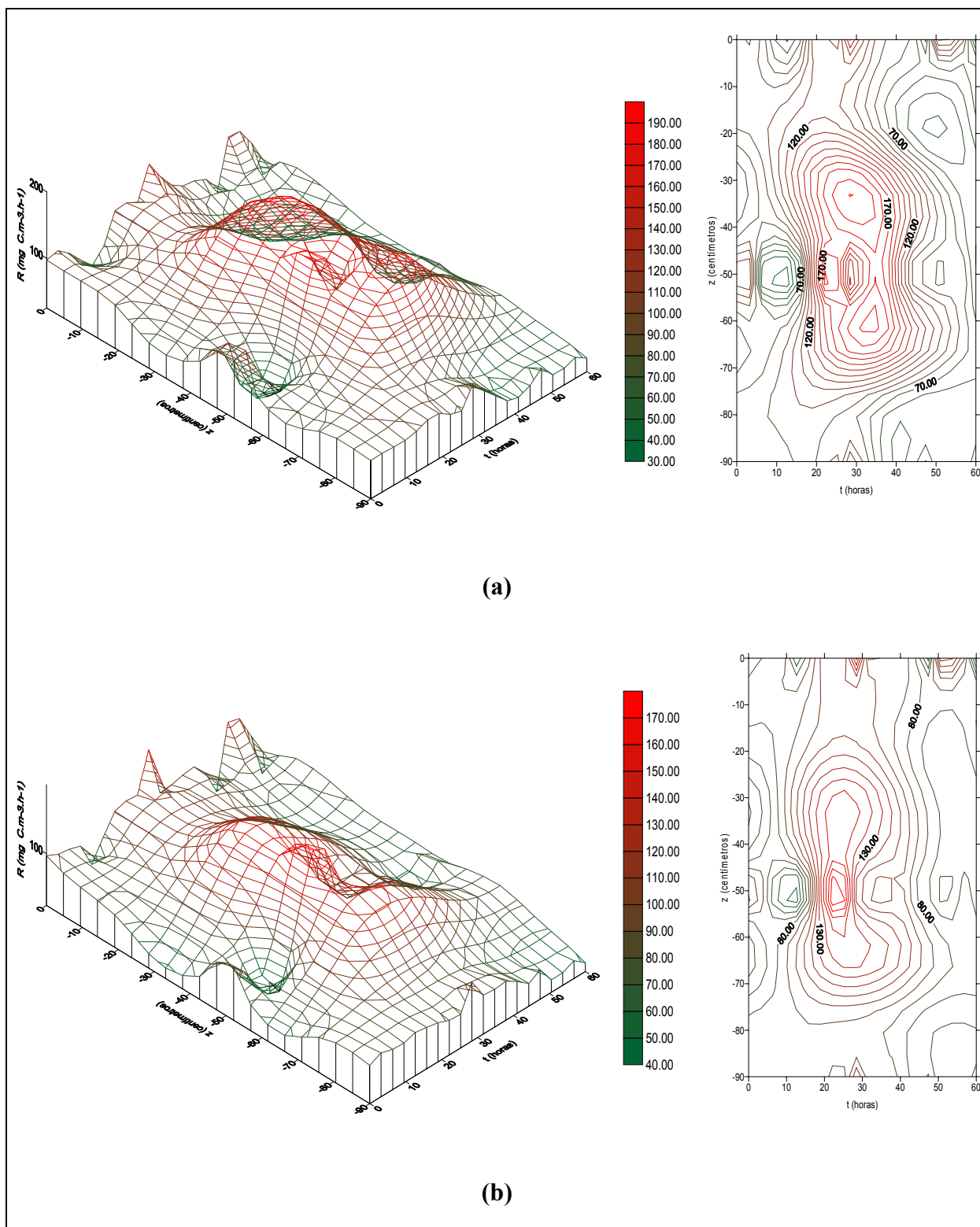


FIGURA 4.22: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

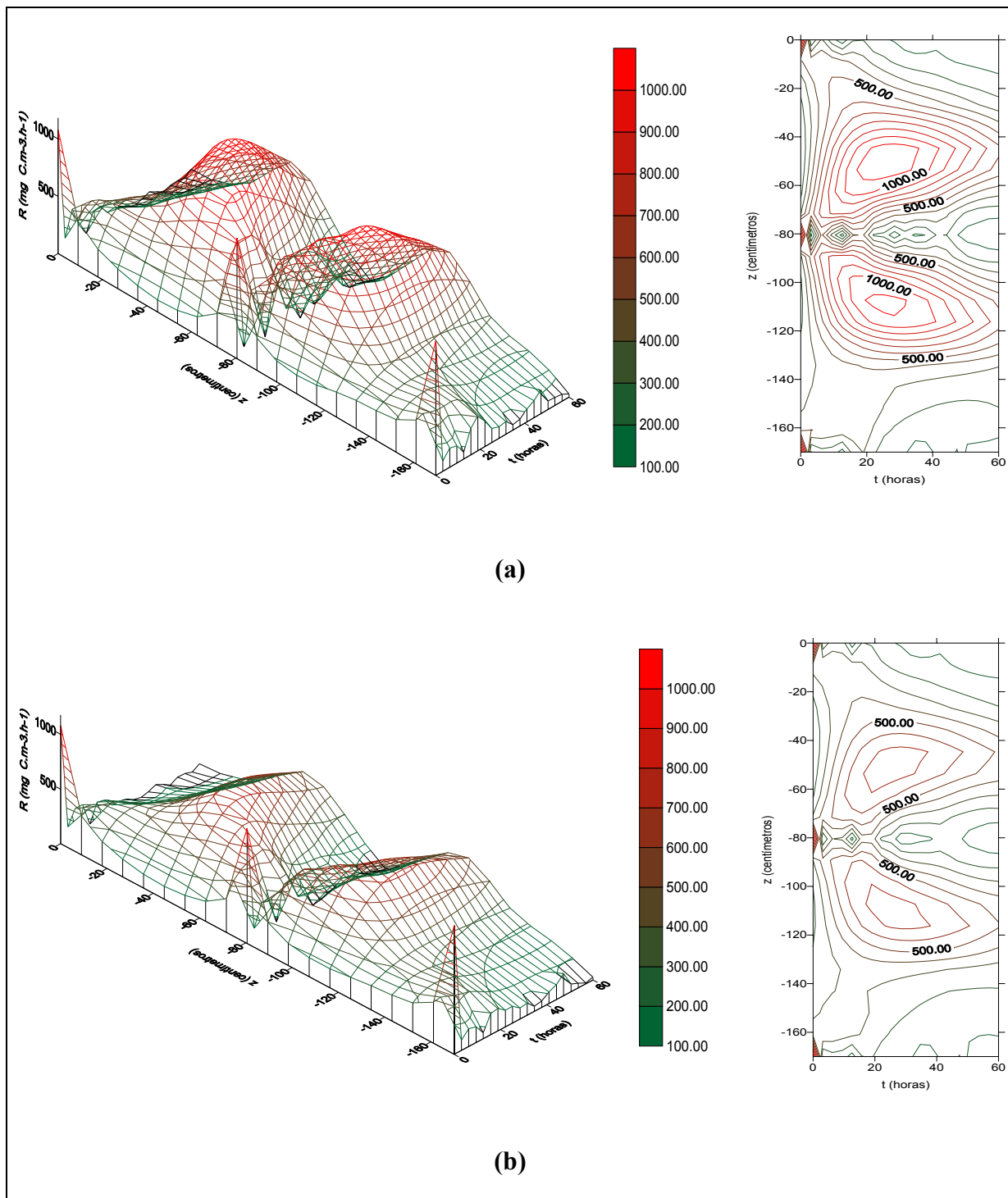


FIGURA 4.23: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

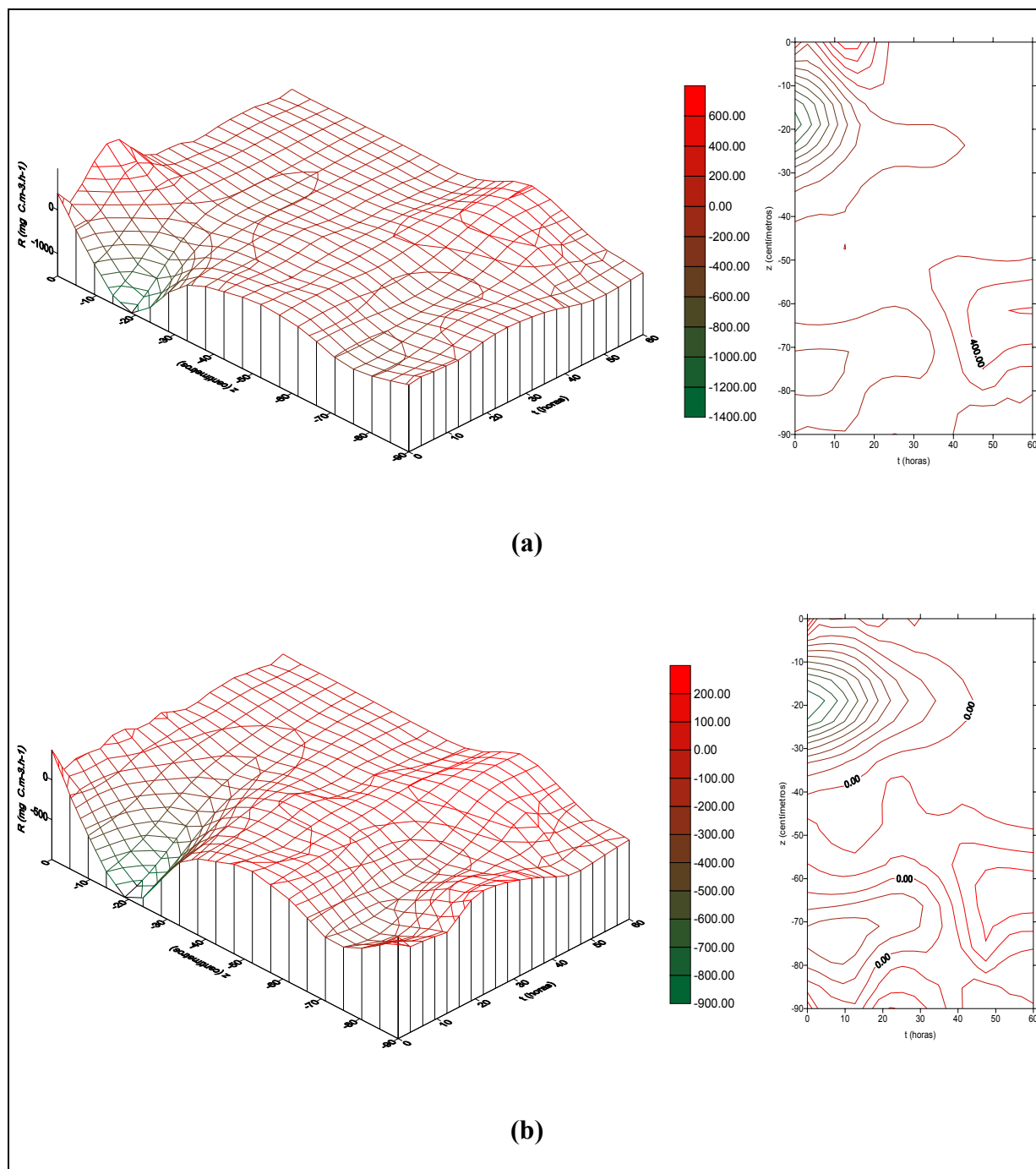


FIGURA 4.24: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo VN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

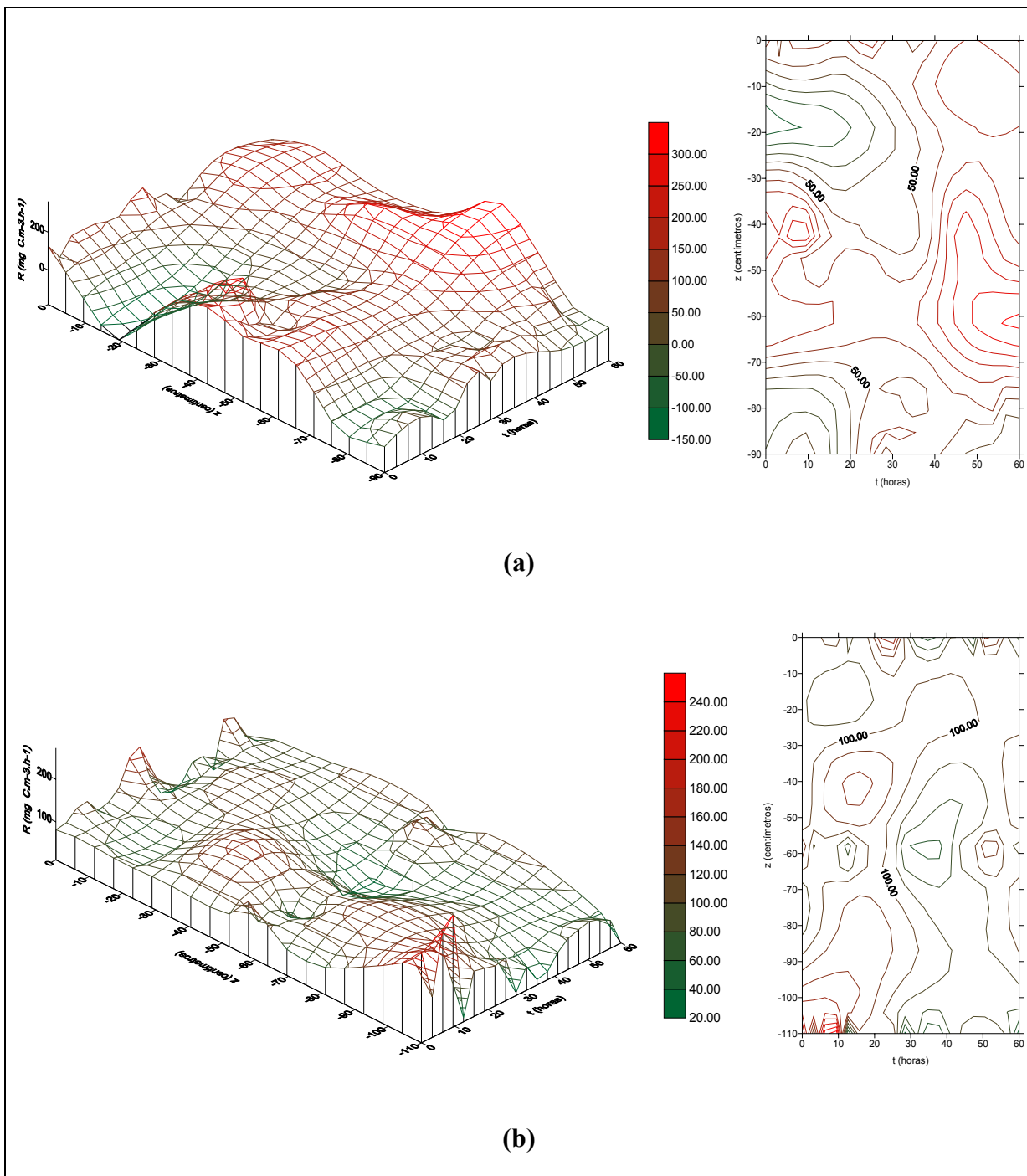


FIGURA 4.25: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo VC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

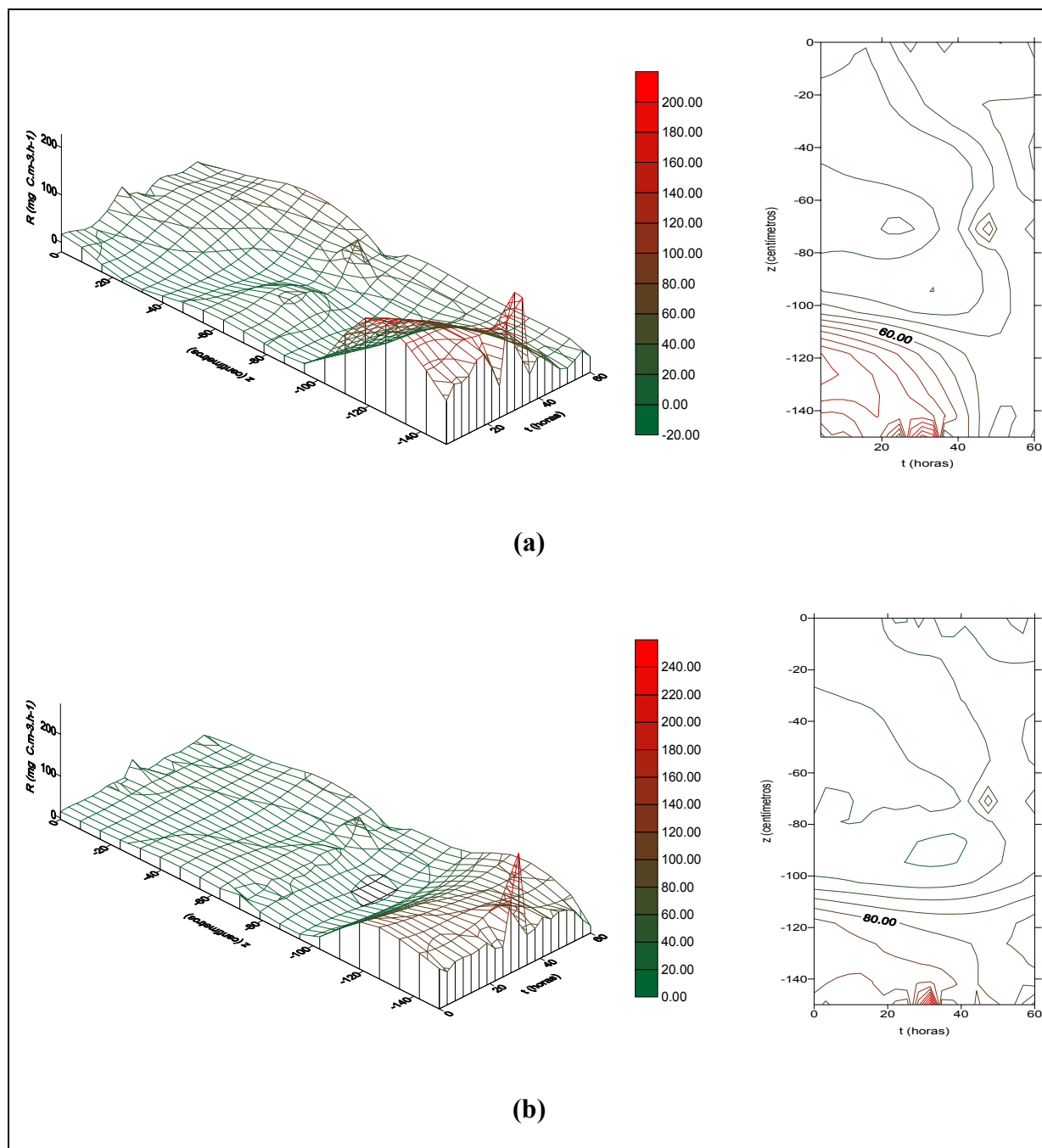


FIGURA 4.26: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo VS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

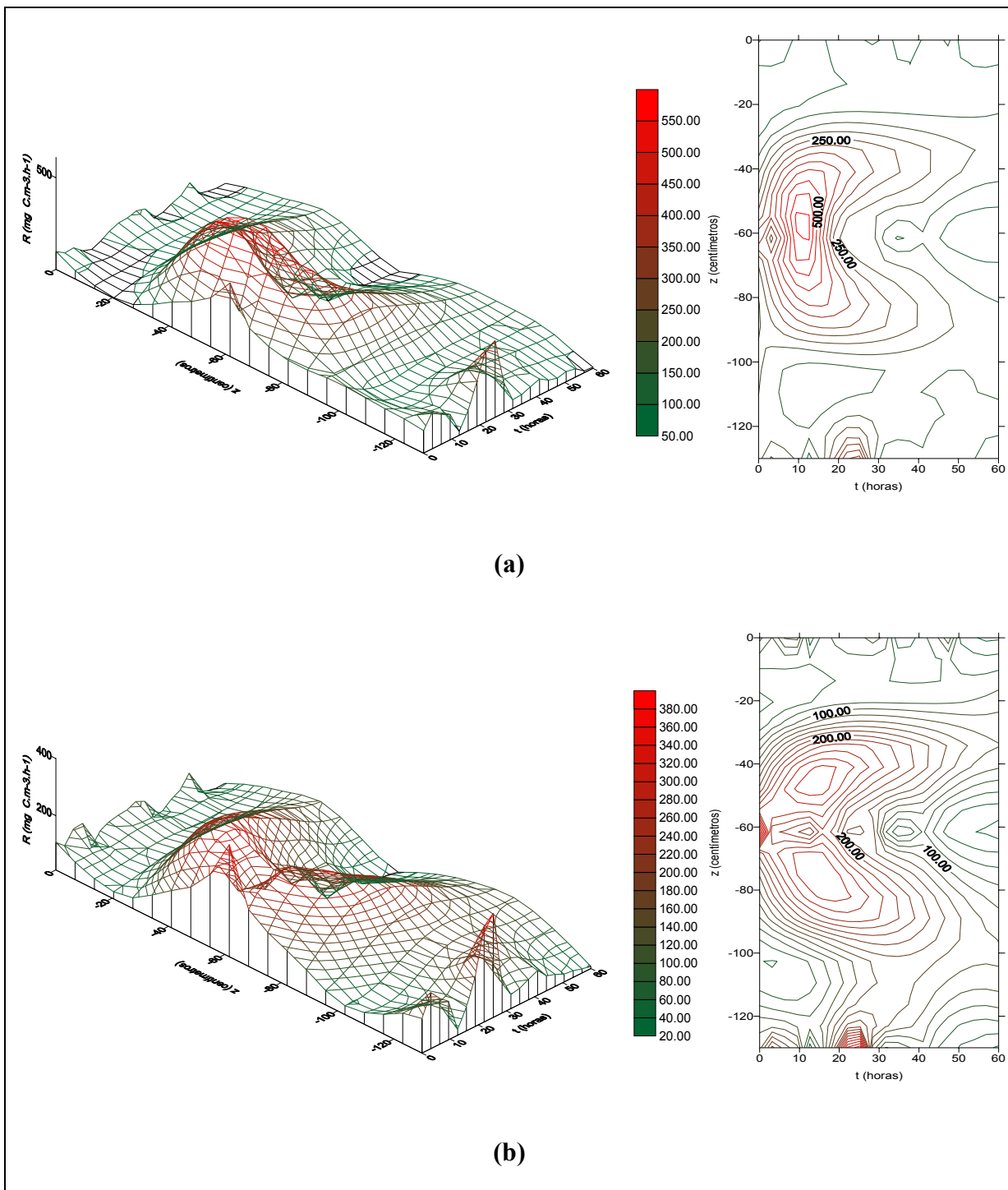


FIGURA 4.27: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo ON da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

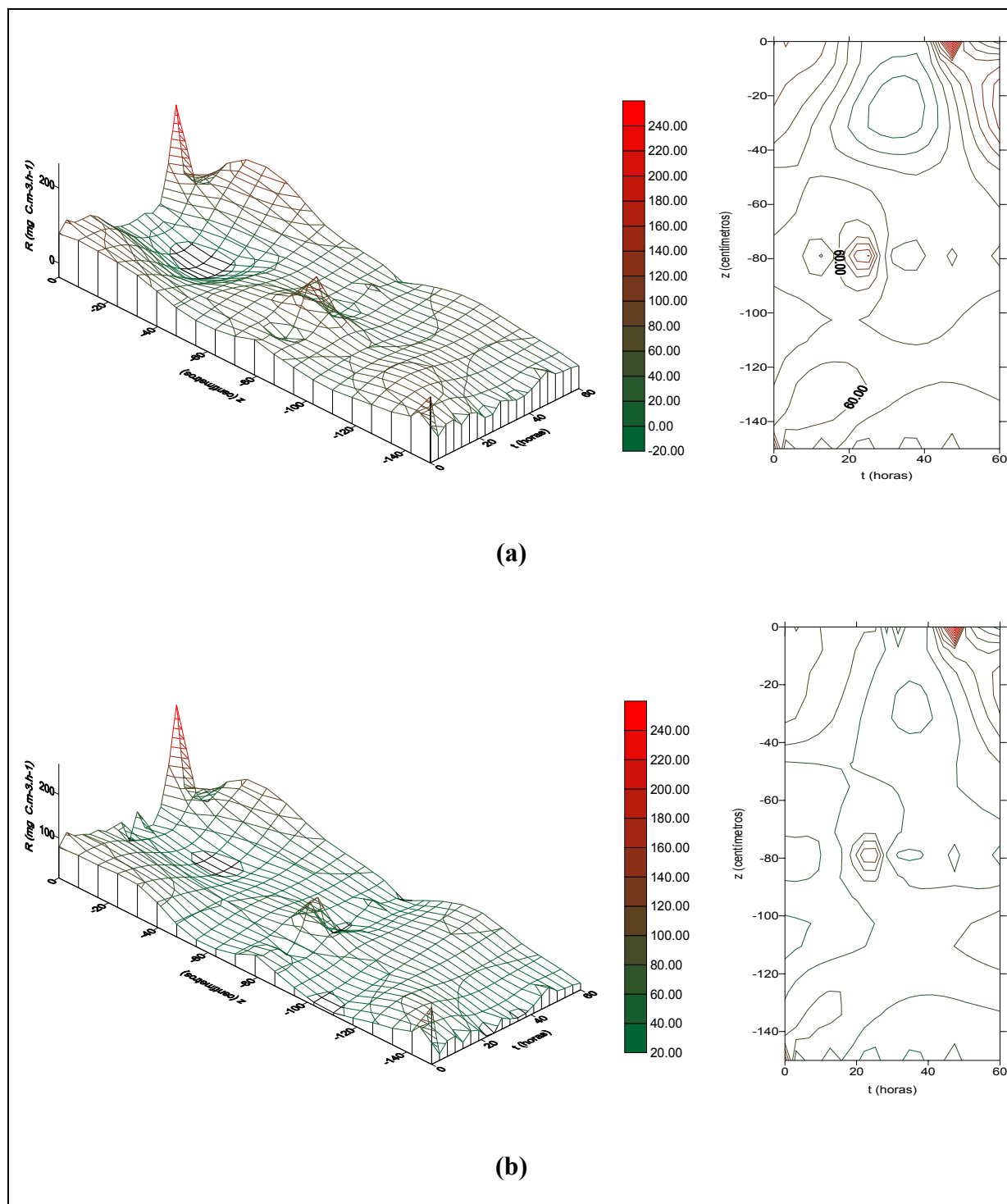


FIGURA 4.28: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo OC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

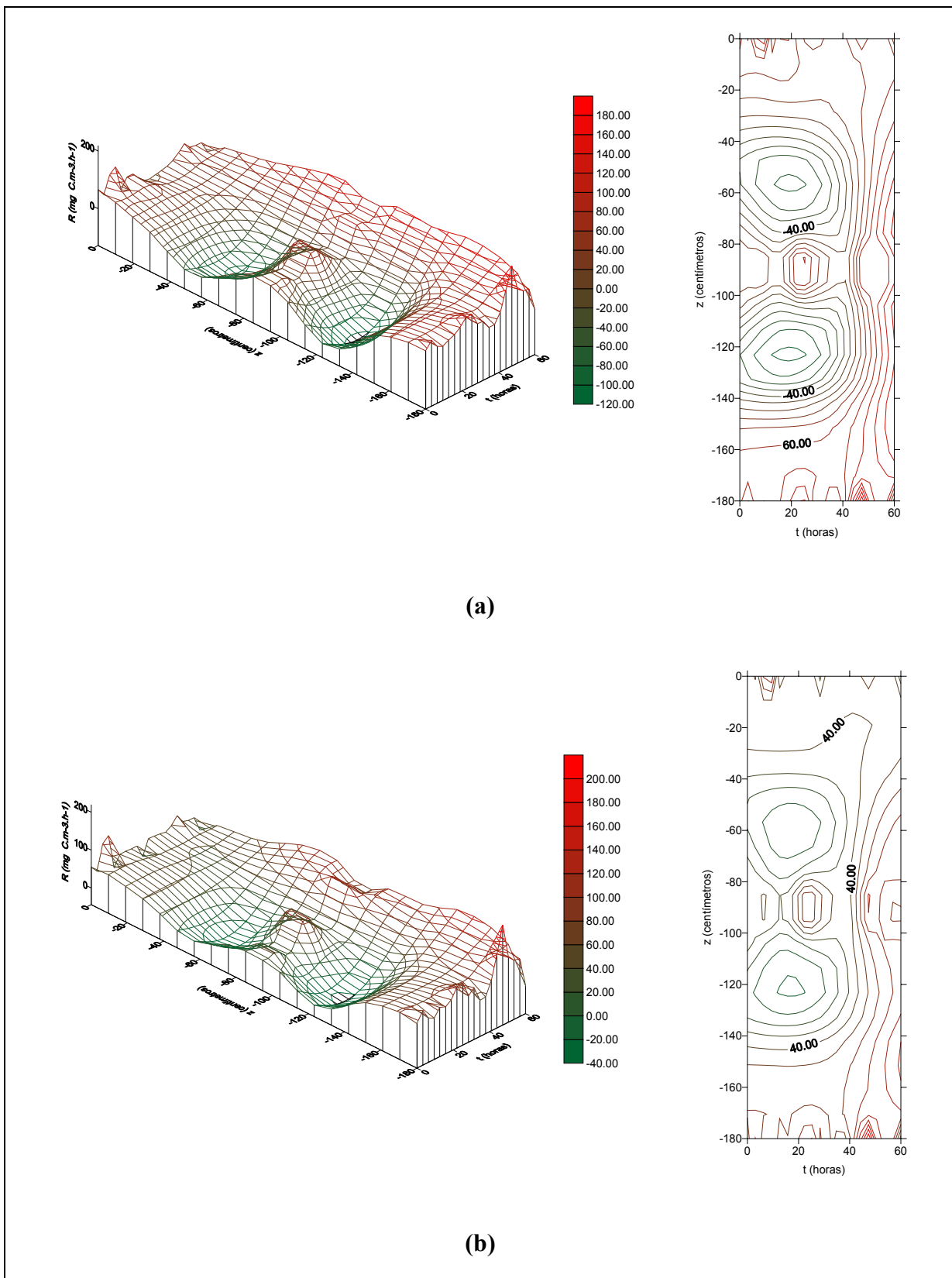


FIGURA 4.29: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo OS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

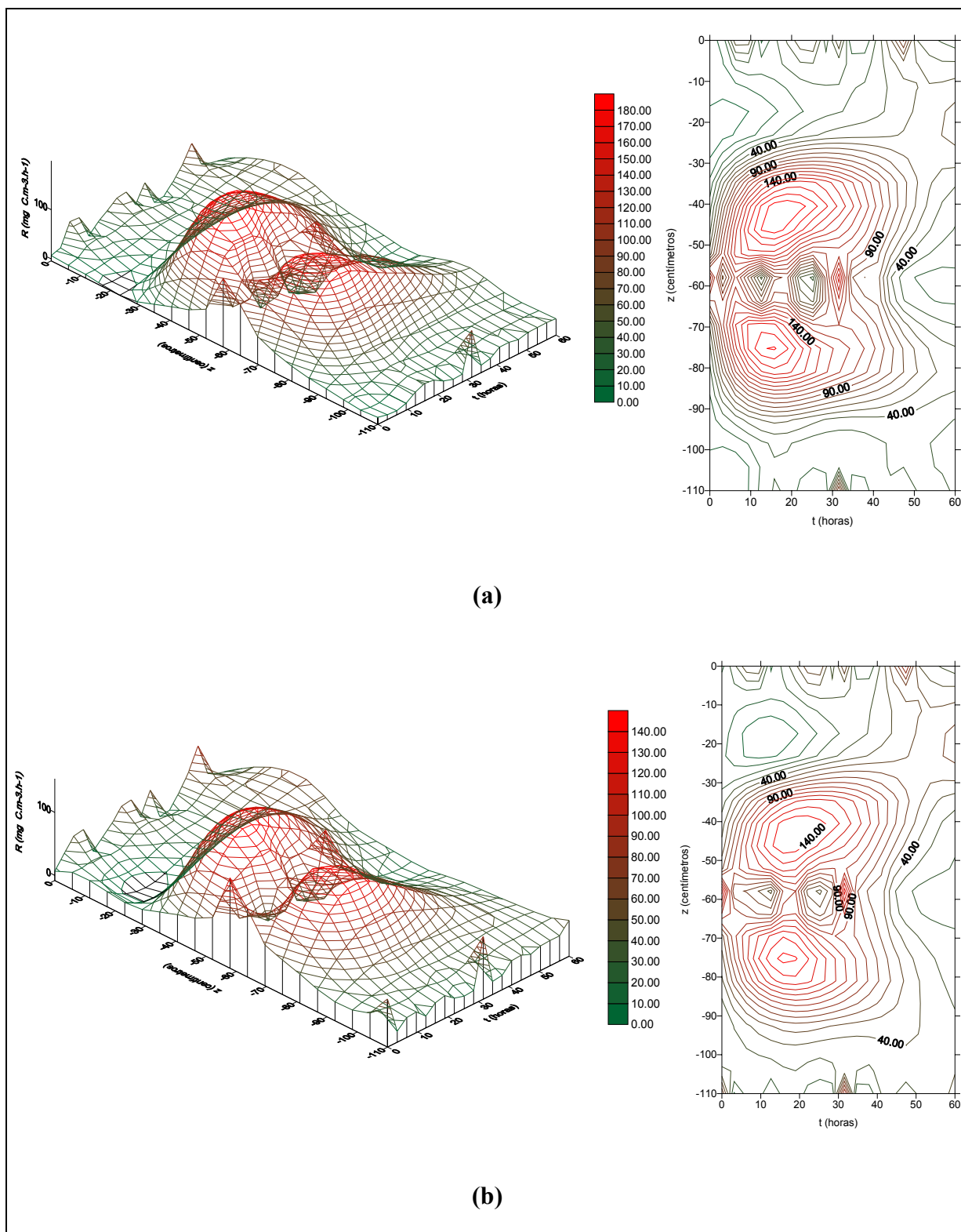


FIGURA 4.30: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

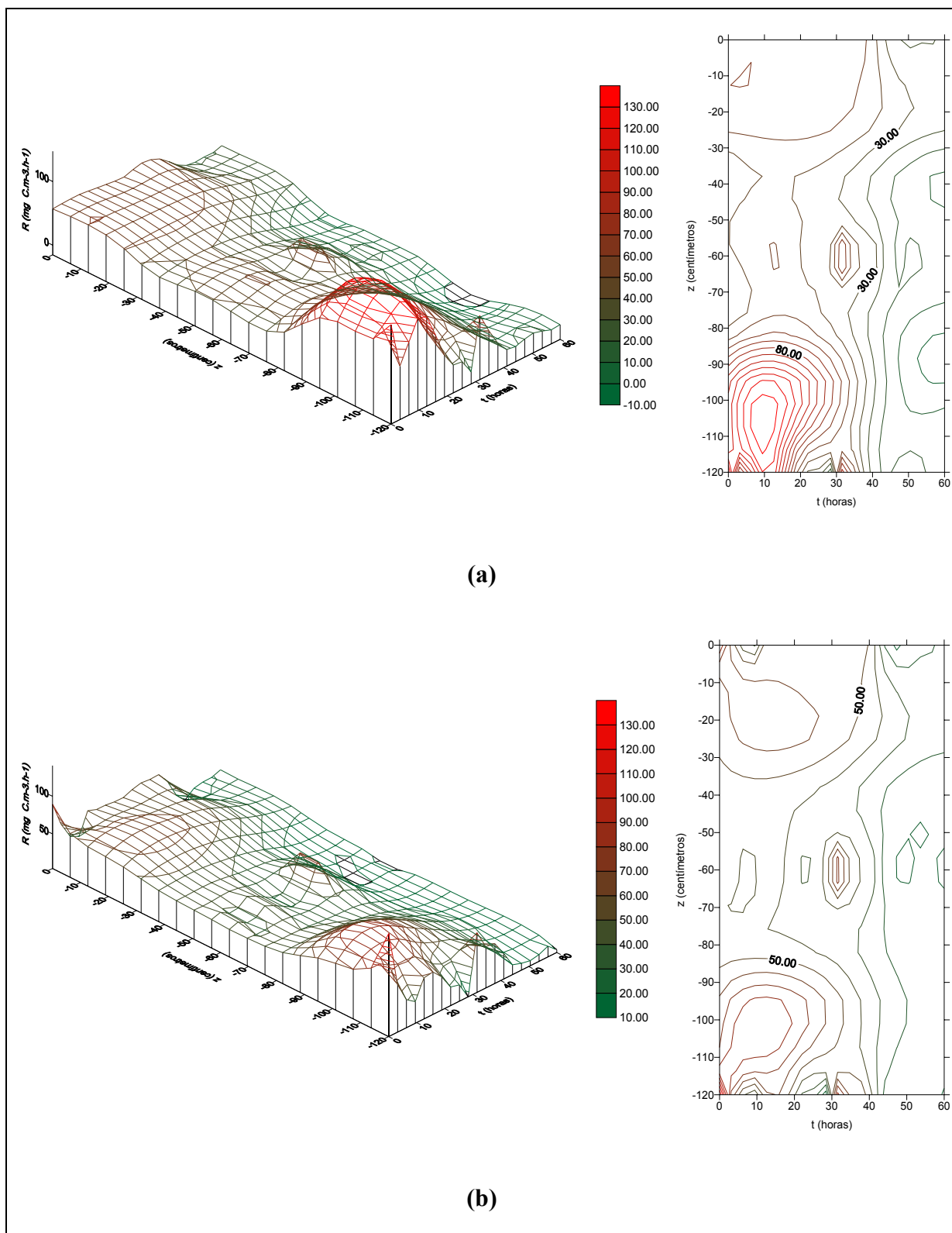


FIGURA 4.31: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

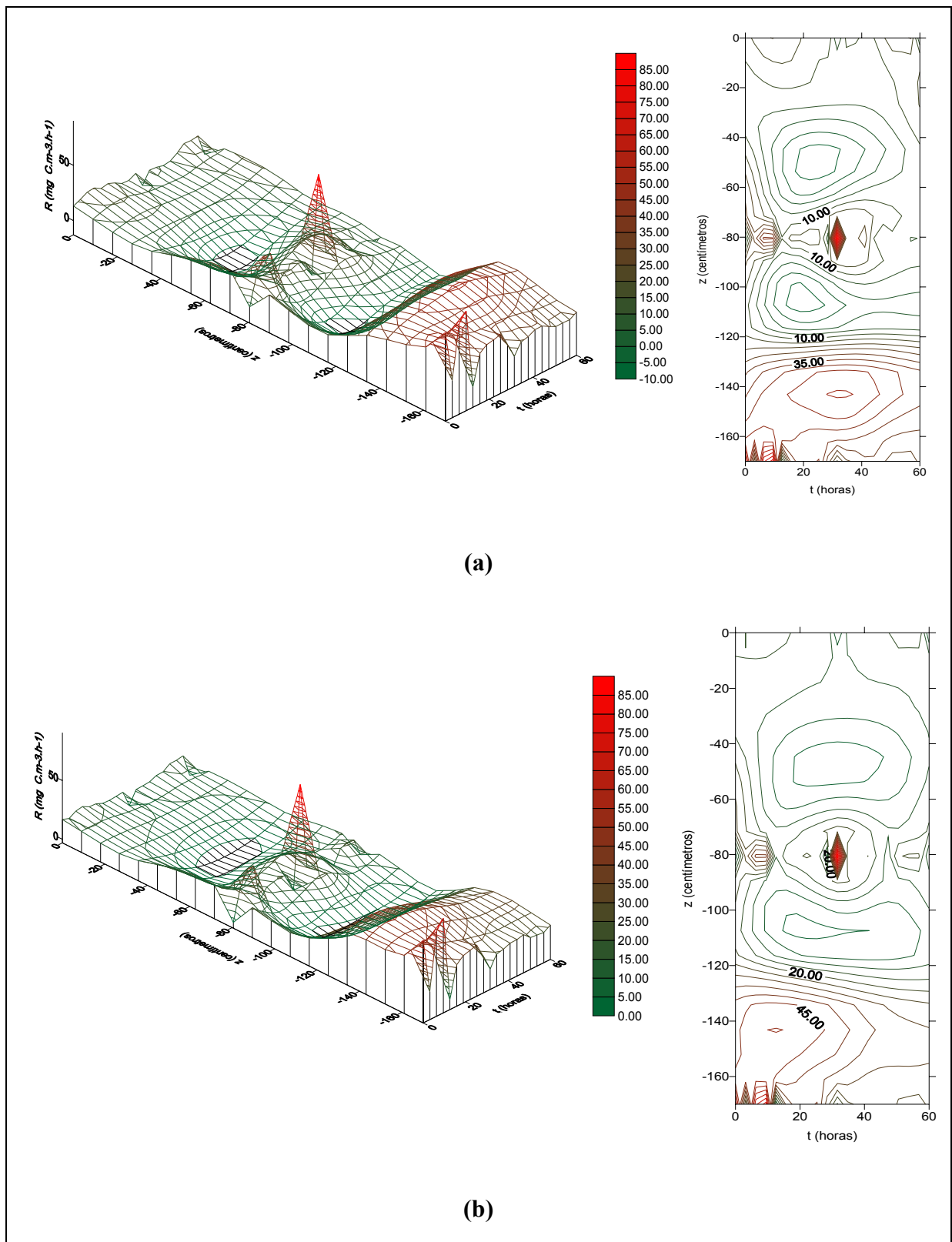


FIGURA 4.32: Comparação entre as relações das taxas de respiração (R) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

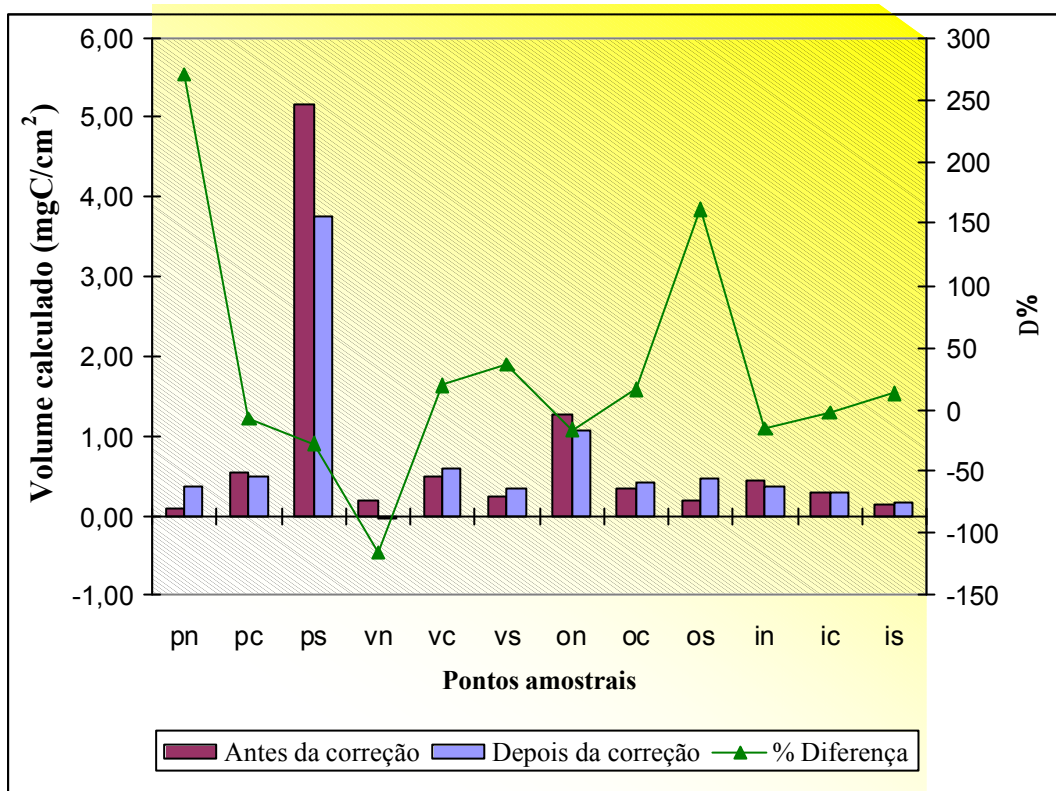


FIGURA 4.33: Comparação entre os volumes calculados^{4.1} antes e após o processo de correção dos dados nos diferentes pontos amostrais da Lagoa Itapeva.

Como salientado anteriormente, os dados referentes às correções feitas demonstram que houve alteração de volume em todos os pontos amostrais, sendo que em 50% deles o volume aumentou (PN, PS, VC, VS, OC e OS) os demais reduziram, sendo que se pode dizer que no ponto IC basicamente não houve alteração percentual do volume. A superfície correspondente ao ponto IS (Figura 4.32) que aparentemente apresentou uma maior alteração visual apresentou apenas uma alteração percentual de 13,28%. Aplicando-se o teste t (Vieira, 2003) para avaliação entre as diferenças dos volumes antes e depois do processo de correção demonstra que não foi significativa a diferença, ao nível de 1% de significância.

No Anexo 7 também se pode observar os valores das áreas planas existentes nas superfícies demonstradas anteriormente. A Figura 4.34 mostra de forma resumida estes resultados comparando os dados referentes ao percentual de acréscimo (ou redução) das áreas planas positivas (APP) e negativas (APN), antes e depois do processo de correção. Nota-se que, com exceção dos dados referentes aos pontos amostrais PC, OS e ON que não tiveram aumento percentual e do ponto OS que teve o total de suas superfícies positivas reduzida, os

^{4.1} A unidade do volume é decorrente da multiplicação entre os parâmetros PPL ($\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$), z (cm) e t (h).

demais pontos registraram um aumento nas áreas planas positivas e redução nas áreas planas negativas.

Outro ponto importante que confirma o ajuste dos dados corresponde aos valores da área plana total (APT) que representa o somatório da área plana positiva com a área plana negativa. Pode-se observar na Figura 4.34 que 67% dos pontos amostrais não tiveram alteração percentual nos valores de APT, apenas os pontos PN, VC, VS e IN tiveram alterações nestes valores, que foram justamente os pontos em que o número de pontos corrigidos foi maior. E destes pontos, somente os pontos amostrais PN e VC tiveram um aumento significativo na APT, 41,67% e 25,29% respectivamente, segundo o teste de t para um nível de significância de 1%.

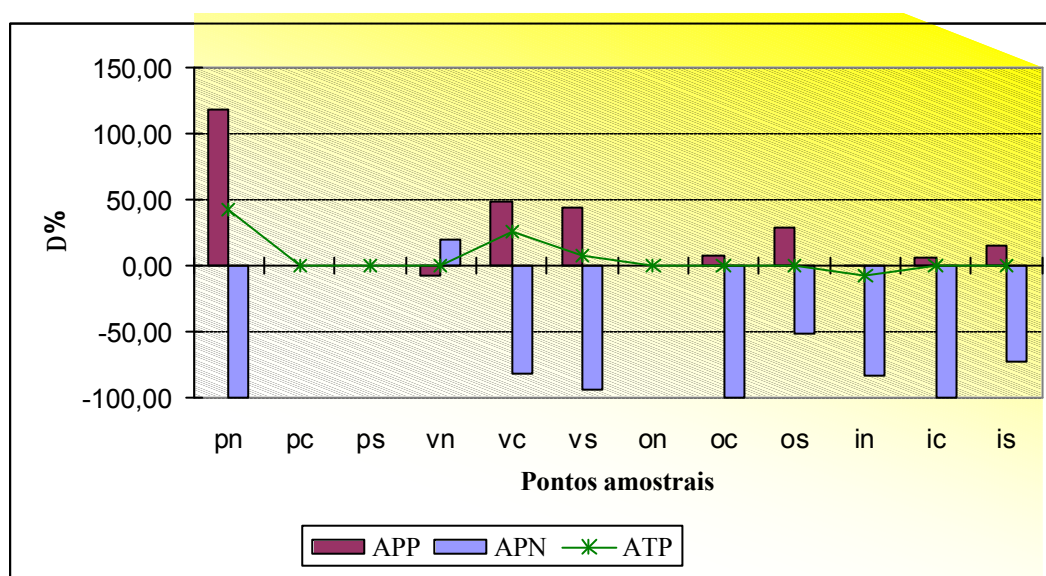


FIGURA 4.34: Comparação entre os valores da diferença percentual referente às áreas planas positivas (APP), áreas planas negativas (APN) e as áreas totais planas (ATP), conforme dados descritos no Anexo 7 relativos aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva.

Outra observação que pode ser realizada utilizando-se os dados do Anexo 7, refere-se aos valores das superfícies totais positivas e negativas. Este valor é diferente do apresentado anteriormente, no sentido que trata de toda a superfície e não somente da interseção plana entre os pontos. A Figura 4.35 mostra que, com exceção dos pontos PN e IS, todos os valores das diferenças percentuais entre as análises antes e depois da correção, tiveram seus valores reduzidos. No caso das superfícies negativas, somente o ponto IN teve um aumento percentual, o que não caracterizou um aumento no volume negativo conforme descrito anteriormente (Figura 4.33).

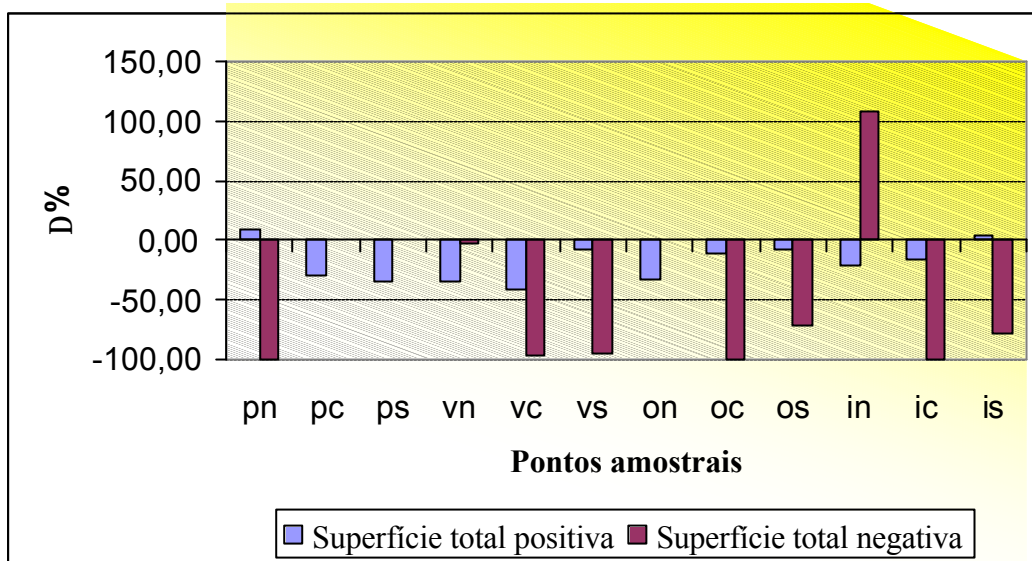


FIGURA 4.35: Comparação entre os valores da diferença percentual referente às superfícies positivas e as superfícies negativas, conforme dados descritos no Anexo 7 relativo aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva.

4.2.4. Dados de produtividade

Como visto nos dados de produtividade apresentados nas Tabelas 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8, somente nos subgrupos PN, PC, IN e IC foram observadas falhas (dados ausentes). Destes quatro subgrupos foram isolados os termos referentes à profundidade (z), tempo (t) e produtividade primária líquida (PPL), sendo estes dados dispostos na Tabela 4.57.

Pode-se observar que neste caso, em comparação ao estudo da respiração, o número de amostras em cada subgrupo de estudo não é variável, isto implica em um número de graus de liberdade igual para PN, PC e IC ($GL = 28$), somente diferente para IN ($GL = 33$). Assim, os valores do coeficiente de correlação mínimo esperado para uma significância superior a 95% ($p < 0,05$) são respectivamente 0,374 e 0,335. Utilizando-se, então, dos dados apresentados na Tabelas 4.57, foram determinados, inicialmente, para cada subgrupo os parâmetros que melhor representavam a relação entre os horários de coleta e/ou profundidade com a produtividade primária líquida. Estes parâmetros foram determinados utilizando-se o método SWMR (como no item anterior). A Tabela 4.58 expressa, para cada subgrupo, as combinações das variáveis independentes que melhor se adaptaram ao conjunto de dados. Nesta tabela,

também são apresentados os valores de correlação obtidos entre as variáveis independentes e a variável dependente (equação 3.38).

TABELA 4.57: Valores do tempo (t), profundidade (z) e produtividade primária líquida (PPL) para os quatro pontos de amostragem que possuíam falhas (PN, PC, IN e IC), referentes aos dados analisados da Lagoa Itapeva.

PN			PC			IN			IC		
t (h)	z (m)	PPL (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)	t (h)	z (m)	PPL (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)	t (h)	z (m)	PPL (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)	t (h)	z (m)	PPL (mg C.m ⁻³ .h ⁻¹)
0	0,0	51,14	0	0,0	-88,50	0	0,0	64,57	0	0,0	56,81
4	0,0	935,57	4	0,0	616,05	4	0,0	103,57	4	0,0	27,56
8	0,0	30,96	8	0,0	51,51	8	0,0	-58,88	24	0,0	-47,28
12	0,0	-8,67	12	0,0	-25,65	12	0,0	-2,59	28	0,0	99,23
32	0,0	2,79	24	0,0	-53,10	24	0,0	-51,98	32	0,0	33,96
36	0,0	11,73	28	0,0	-28,03	28	0,0	87,04	36	0,0	20,65
48	0,0	64,40	48	0,0	75,94	32	0,0	-38,64	48	0,0	91,43
52	0,0	60,27	52	0,0	-66,92	36	0,0	-4,87	52	0,0	-5,06
56	0,0	126,79	56	0,0	-80,49	48	0,0	45,68	56	0,0	-5,06
60	0,0	-10,34	60	0,0	-32,03	52	0,0	52,74	60	0,0	-8,13
0	0,6	11,35	0	0,5	-61,16	56	0,0	52,74	0	0,6	-50,76
4	0,6	1760,39	4	0,5	360,65	60	0,0	-23,89	4	0,6	88,17
8	0,6	7,50	8	0,5	63,64	0	0,6	-119,06	24	0,6	23,17
12	0,6	-23,66	12	0,5	0,29	4	0,6	-2,06	28	0,6	-25,38
32	0,6	68,87	24	0,5	-116,88	8	0,6	-15,38	32	0,6	-101,76
36	0,6	-1,42	28	0,5	14,54	12	0,6	-9,75	36	0,6	-19,55
48	0,6	-128,12	48	0,5	-76,97	24	0,6	27,99	48	0,6	47,32
52	0,6	-187,63	52	0,5	13,25	28	0,6	138,98	52	0,6	50,73
56	0,6	-25,76	56	0,5	-39,75	32	0,6	-148,43	56	0,6	50,73
60	0,6	-44,34	60	0,5	-9,90	36	0,6	-54,30	60	0,6	-2,84
0	1,2	-5,90	0	0,9	-55,76	48	0,6	33,92	0	1,2	-90,64
4	1,2	1483,18	4	0,9	565,46	52	0,6	7,63	4	1,2	-4,26
8	1,2	-47,14	8	0,9	-12,94	56	0,6	7,63	24	1,2	5,51
12	1,2	-20,42	12	0,9	-3,86	60	0,6	-7,32	28	1,2	36,48
32	1,2	72,78	24	0,9	-44,28	0	1,1	-12,00	32	1,2	-15,79
36	1,2	1,89	28	0,9	-28,24	4	1,1	-13,76	36	1,2	10,00
48	1,2	-33,49	48	0,9	-49,10	8	1,1	-1,61	48	1,2	-8,19
52	1,2	-149,68	52	0,9	-5,35	12	1,1	-4,87	52	1,2	139,56
56	1,2	37,26	56	0,9	-50,80	24	1,1	-2,81	56	1,2	139,56
60	1,2	-34,48	60	0,9	-26,71	28	1,1	35,29	60	1,2	-5,12
						32	1,1	-35,18			
						36	1,1	-9,70			
						52	1,1	-13,63			
						56	1,1	-13,63			
						60	1,1	36,16			

Fonte: Adaptado de Cardoso (2001).

TABELA 4.58: Combinações entre as variáveis t (tempo) e z (profundidade da coluna d'água) e coeficiente de correção destas combinações com a variável PPL (produtividade primária líquida), para cada subgrupo de estudo da Lagoa Itapeva.

Subgrupo	Parâmetros	r
PN	t, t ² , t ⁵ , t ⁶ , sen t e zt	0,5662***
PC	t ⁶ , t ² , t, zt e t ⁵	0,4495**
IN	z, t, e ^z , t ² , z ² e sen z	0,5693***
IC	t ^z , zt, t ² e t	0,3987*

(ns) não significativo; (*) significativo para 95%; (**) significativo para 97,5% e (***) significativo para 99% conforme teste F.

O número de combinações entre as variáveis “t” e “z” nestes quatro casos foram semelhantes (de 4 a 6 variáveis). Observa-se, na Tabela 4.58, que os valores de correlações não foram tão elevados quando comparado aos dados obtidos no estudo da respiração (Tabela 4.54). Entretanto, em todos os casos aqui em estudo obteve-se a combinação dos dois parâmetros (tempo e profundidade).

Com o resultado apresentado, e utilizando-se da metodologia de regressão múltipla descrita no item 3.5, foram determinadas as equações referentes a cada um dos quatro subgrupos (Tabela 4.59). A Tabela 4.60 apresenta as correlações e significâncias, para cada uma das equações apresentadas na Tabela 4.59.

TABELA 4.59: Equações obtidas através do método de regressão múltipla, para correlacionar os parâmetros (obtidos pelo método SWMR) referentes ao tempo (t) e profundidade (z) com a produtividade primária líquida nos subgrupos PN, PC, IN e IC em estudo.

	Equação
PN	$PPL = -12,54.t - 0,22.t^2 + 7,16 \times 10^{-6}.t^5 - 9,68 \times 10^{-8}.t^6 - 219,85.\text{sen } t - 1,09.zt + 444,79$
PC	$PPL = 0,57.t - 0,36.t^2 + 6,52 \times 10^{-6}.t^5 - 8,575 \times 10^{-8}.t^6 - 8,86 \times 10^{-2}.zt + 134,99$
IN	$PPL = 9,24 \times 10^{-3}.t - 351,39.z + 4,82 \times 10^{-3}.t^2 - 33,24.z^2 + 143,78.e^z + 131,27.\text{sen } z - 131,55$
IC	$PPL = 0,23.t + 5,61 \times 10^{-3}.t^2 + 0,59.t^z - 0,60.zt - 2,43$

TABELA 4.60: Valores de correlação múltipla para as equações determinadas para cada subgrupo em estudo.

	r
PN	0,7425***
PC	0,5179***
IN	0,5693***
IC	0,7436***

(ns) não significativo; (*) significativo para 95%;
 (**) significativo para 97,5% e (***) significativo para 99% conforme teste F.

Todas as equações (Tabela 4.59) demonstraram uma boa significância ($p > 0,01$), comprovando a escolha dos parâmetros anteriormente discutida. Como no item anterior as equações apresentadas na Tabela 4.59 podem ser simplificadas conforme sua utilização.

Utilizando-se das equações apresentadas na Tabela 4.59, os dados que haviam sido retirados das tabelas originais (Tabelas 3.5 e 3.8) foram calculados. Além da complementação dos valores da PPL nos pontos referentes aos pontos amostrais PN, PC, IN e IC, foram recalculados os valores de PPB naqueles pontos onde os valores de respiração tiveram seus valores corrigidos. As Tabelas 4.61, 4.62, 4.63 e 4.64 apresentam a descrição completa dos dados referentes a PPL e PPB no perfil da coluna d'água (ajuste das Tabelas 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8, respectivamente), em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva. Nestas tabelas os dados em **negrito** correspondem aos dados de PPB que tiveram seus valores corrigidos decorrentes dos dados de respiração, os valores em *itálico* referem-se aos valores correspondentes aos ajustes de falhas nos dados da PPL. Os dados que aparecem em *itálico* e em **negrito** combinam as duas situações citadas (correção dos dados de respiração e falha nos dados da PPL).

Para demonstrar a eficiência do método utilizado, da mesma forma como foi realizado com os dados referentes à respiração, foram construídas as curvas de cada subgrupo (utilizando-se o Surfer), antes da complementação dos dados e após a complementação dos dados referentes a PPL. Estas comparações podem ser observadas nas Figuras 4.36, 4.37, 4.38 e 4.39 para os subgrupos PN, PC, IN e IC respectivamente.

TABELA 4.61: Dados corrigidos e/ou complementares referentes a PPL e PPB em $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto da campanha realizada na primavera na Lagoa Itapeva.

		PONTO NORTE			PONTO CENTRO			PONTO SUL		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F
6h	PPL	51,14	11,35	-5,90	-88,50	-61,16	-55,76	-1078,08	-1078,90	-1176,19
	PPB	81,12	48,37	27,46	8,94	58,46	27,06	0,00	0,00	0,00
10h	PPL	935,57	1760,39	1483,18	616,05	360,65	565,46	143,44	109,85	60,48
	PPB	972,33	1797,15	1519,94	707,13	451,57	656,14	211,24	137,96	103,70
14h	PPL	30,96	7,50	-47,14	51,51	63,64	-12,94	110,45	81,20	-42,56
	PPB	83,24	45,17	-0,12	142,57	72,22	69,62	398,98	369,73	76,35
18h	PPL	-8,67	-23,66	-20,42	-25,65	0,29	-3,86	-16,85	-6,28	-36,81
	PPB	20,89	8,89	12,16	23,13	15,05	85,64	0,58	0,83	4,43
6h	PPL	253,95	238,19	222,42	-53,10	-116,88	-44,28	39,57	-74,01	193,96
	PPB	289,30	273,54	257,77	45,58	116,23	28,61	142,47	88,67	92,15
10h	PPL	-62,83	-81,22	-99,61	-28,03	14,54	-28,24	106,17	5,87	-47,73
	PPB	-19,88	-38,27	-56,66	125,35	116,38	81,57	193,35	25,20	54,05
14h	PPL	2,79	68,87	72,78	-86,20	-87,62	-88,75	-21,92	177,60	-21,27
	PPB	77,46	83,83	117,86	3,25	0,52	-4,51	28,80	214,48	94,15
18h	PPL	11,73	-1,42	1,89	-100,19	-101,78	-103,06	-13,32	-21,09	-6,21
	PPB	12,55	18,81	2,47	-11,62	-14,74	-20,62	11,27	43,17	26,35
6h	PPL	64,40	-128,12	-33,49	75,94	-76,97	-49,10	95,14	53,87	-145,09
	PPB	134,16	93,85	101,25	117,13	-3,88	24,44	97,32	173,98	70,60
10h	PPL	60,27	-187,63	-149,68	-66,92	13,25	-5,35	93,72	11,91	-26,85
	PPB	217,96	76,09	112,13	96,64	43,63	37,15	144,64	62,18	11,77
14h	PPL	126,79	-25,76	37,26	-80,49	-39,75	-50,80	78,96	40,80	59,91
	PPB	187,75	76,68	92,59	9,22	54,41	6,75	89,27	57,06	60,37
18h	PPL	-10,34	-44,34	-34,48	-32,03	-9,90	-26,71	-48,40	-1,85	-16,37
	PPB	35,02	-23,77	3,59	2,63	51,99	18,99	7,49	0,67	13,90

TABELA 4.62: Dados corrigidos e/ou complementares referentes a PPL e PPB em $\text{mgC.m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto da campanha realizada no verão na Lagoa Itapeva.

		PONTO NORTE			PONTO CENTRO			PONTO SUL		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F
6h	PPL	-369,44	-134,00	92,52	8,14	-156,13	-223,30	99,20	42,00	-24,33
	PPB	4,90	42,04	368,95	89,11	16,63	1,07	113,90	74,98	63,57
10h	PPL	53,95	31,76	-74,29	133,21	128,18	-30,41	178,58	8,81	-22,48
	PPB	94,84	125,65	3,01	216,19	150,06	56,27	195,25	13,85	48,55
14h	PPL	76,54	69,35	-18,55	-88,92	-53,34	-386,84	26,21	18,81	-64,96
	PPB	143,64	135,44	-18,00	39,65	45,17	0,24	40,91	22,38	34,57
18h	PPL	-10,02	-11,01	-5,49	5,05	-18,27	3,29	18,64	13,77	12,15
	PPB	57,08	2,90	3,94	80,51	1,55	3,77	33,34	46,75	100,05
6h	PPL	149,58	-28,29	-41,19	-183,41	-65,91	-71,04	110,29	109,95	-39,02
	PPB	216,68	160,61	57,79	14,92	62,13	53,35	124,99	135,32	7,64
10h	PPL	-34,44	25,77	-7,24	39,08	16,42	10,83	65,64	-14,27	-165,00
	PPB	94,96	119,93	72,71	127,76	37,81	24,66	120,37	8,21	9,44
14h	PPL	172,17	21,16	2,88	33,66	13,63	-62,07	5,51	-22,76	-135,68
	PPB	239,27	46,91	36,34	78,08	41,67	5,27	30,49	10,22	143,45
18h	PPL	2,70	-3,17	-37,15	-17,11	24,38	-4,31	-0,76	-1,24	-33,95
	PPB	3,03	4,54	28,53	8,70	51,17	8,65	7,45	31,74	3,44
6h	PPL	61,44	16,72	-127,62	68,65	61,00	178,16	237,75	85,63	20,14
	PPB	160,53	70,78	84,66	97,27	152,03	269,19	252,45	171,33	108,04
10h	PPL	166,74	150,70	1158,00	137,05	-210,26	-47,04	102,49	59,09	161,87
	PPB	233,84	217,80	1225,09	330,50	5,67	62,49	121,82	75,13	249,77
14h	PPL	133,38	2,31	-3,82	-32,82	37,02	92,87	16,56	6,56	-24,13
	PPB	144,81	10,16	55,19	43,33	113,17	169,02	44,25	32,00	8,75
18h	PPL	-26,88	-0,40	-1,17	291,23	19,40	7,13	-10,90	2,10	-12,60
	PPB	51,02	66,70	9,38	347,57	75,74	17,14	0,59	3,43	1,42

TABELA 4.63: Dados corrigidos e/ou complementares referentes a PPL e PPB em $\text{mgC.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto da campanha realizada no outono na Lagoa Itapeva.

		PONTO NORTE			PONTO CENTRO			PONTO SUL		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F
6h	PPL	2,94	-222,77	-74,75	-4,32	-16,49	-31,61	60,32	-17,99	-15,05
	PPB	108,67	240,16	55,30	74,13	42,10	107,21	115,23	-14,81	58,56
10h	PPL	-64,89	-146,02	-164,69	77,32	-56,42	-15,88	-30,55	145,14	-96,26
	PPB	9,05	17,48	53,18	185,74	-11,95	0,00	-1,05	165,55	8,49
14h	PPL	30,15	-29,67	-84,03	-26,26	35,03	5,12	93,00	-88,40	-57,26
	PPB	196,83	137,01	92,44	55,37	91,56	56,10	253,33	68,99	-3,26
18h	PPL	-17,91	-26,14	-2,67	12,64	-8,21	-1,08	-12,82	0,11	23,93
	PPB	3,14	128,38	19,58	84,00	8,02	19,06	5,15	8,23	111,33
6h	PPL	-35,74	172,12	-173,32	126,81	67,02	9,56	112,71	-153,15	-43,10
	PPB	59,38	320,56	261,38	198,17	218,28	11,93	167,62	50,48	87,55
10h	PPL	7,00	-186,40	-102,82	54,01	40,48	-35,33	38,97	0,68	-54,82
	PPB	115,89	6,37	3,03	65,26	73,90	-1,12	53,19	55,09	22,33
14h	PPL	-30,59	-66,68	-33,14	135,77	35,89	89,06	62,01	-30,93	-27,59
	PPB	66,20	0,53	26,91	207,13	49,09	111,66	116,92	3,42	66,01
18h	PPL	-9,87	1,26	-29,91	-3,53	2,82	-8,35	-41,72	-1,39	-28,07
	PPB	-1,18	5,92	27,82	11,46	11,20	5,98	13,19	13,07	13,59
6h	PPL	-106,10	-28,46	28,08	-64,59	-14,83	-23,15	30,51	23,09	-19,63
	PPB	15,73	0,88	81,91	220,12	38,15	30,57	110,01	267,11	207,17
10h	PPL	50,81	-4,55	26,84	10,22	-16,33	-18,56	5,31	-5,76	-55,96
	PPB	61,50	10,64	59,68	28,94	8,74	9,11	56,09	14,56	53,33
14h	PPL	50,81	-4,55	26,84	10,22	-16,33	-18,56	5,31	-5,76	-55,96
	PPB	61,50	10,64	47,51	28,94	8,74	9,11	56,09	14,56	53,33
18h	PPL	4,60	24,45	0,28	4,83	-7,66	-4,91	-2,75	20,41	-0,19
	PPB	21,48	28,98	17,28	16,15	-0,01	18,81	6,26	96,07	30,40

TABELA 4.64: Dados corrigidos e/ou complementares referentes a PPL e PPB em $\text{mgC.m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água (S = superfície, M = meio e F = fundo), em cada ponto da campanha realizada no inverno na Lagoa Itapeva.

		PONTO NORTE			PONTO CENTRO			PONTO SUL		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F
6h	PPL	64,57	-119,06	-12,00	56,81	-50,76	-90,64	107,38	51,38	-57,45
	PPB	71,21	64,23	55,96	146,20	-12,71	50,24	124,29	52,47	9,81
10h	PPL	103,57	-2,06	-13,76	27,56	88,17	-4,26	96,93	30,26	-10,71
	PPB	129,44	6,16	-8,72	85,67	151,80	64,52	111,45	56,20	3,06
14h	PPL	-58,88	-15,38	-1,61	0,34	-1,06	1,16	-54,72	-39,32	-89,67
	PPB	11,65	12,70	26,47	11,74	10,34	12,56	-33,53	25,93	19,92
18h	PPL	-2,59	-9,75	-4,87	1,71	-0,57	4,12	-9,09	-7,12	-1,58
	PPB	3,19	-4,19	4,38	60,44	58,16	62,85	7,00	0,08	-0,84
6h	PPL	-51,98	27,99	-2,81	-47,28	23,17	5,51	111,74	73,85	-24,40
	PPB	13,69	36,07	6,37	3,06	38,27	30,64	125,79	94,45	18,46
10h	PPL	87,04	138,98	35,29	99,23	-25,38	36,48	30,16	26,84	-3,33
	PPB	110,94	174,96	48,67	155,19	2,84	40,05	44,54	28,50	24,08
14h	PPL	-38,64	-148,43	-35,18	33,96	-101,76	-15,79	39,49	-92,85	-15,62
	PPB	21,81	45,10	57,92	93,16	31,06	67,87	39,66	3,79	-1,35
18h	PPL	-4,87	-54,30	-9,70	20,65	-19,55	10,00	-6,85	-9,06	-10,88
	PPB	-3,82	-24,38	-8,61	79,57	0,14	68,92	5,61	-3,79	14,04
6h	PPL	45,68	33,92	2,19	91,43	47,32	-8,19	74,48	40,59	36,72
	PPB	141,21	57,79	26,53	98,15	54,82	5,86	88,97	47,36	66,48
10h	PPL	52,74	7,63	-13,63	-5,06	50,73	139,56	18,30	55,86	6,91
	PPB	79,40	16,31	17,62	13,58	59,81	148,64	39,45	82,44	29,01
14h	PPL	52,74	7,63	-13,63	-5,06	50,73	139,56	18,30	55,86	6,91
	PPB	79,40	16,31	17,62	13,58	69,63	158,46	39,45	77,68	29,01
18h	PPL	-23,89	-7,32	36,16	-8,13	-2,84	-5,12	-6,66	-7,73	-1,46
	PPB	0,31	9,32	84,68	15,28	-0,32	2,85	-6,17	-2,64	24,73

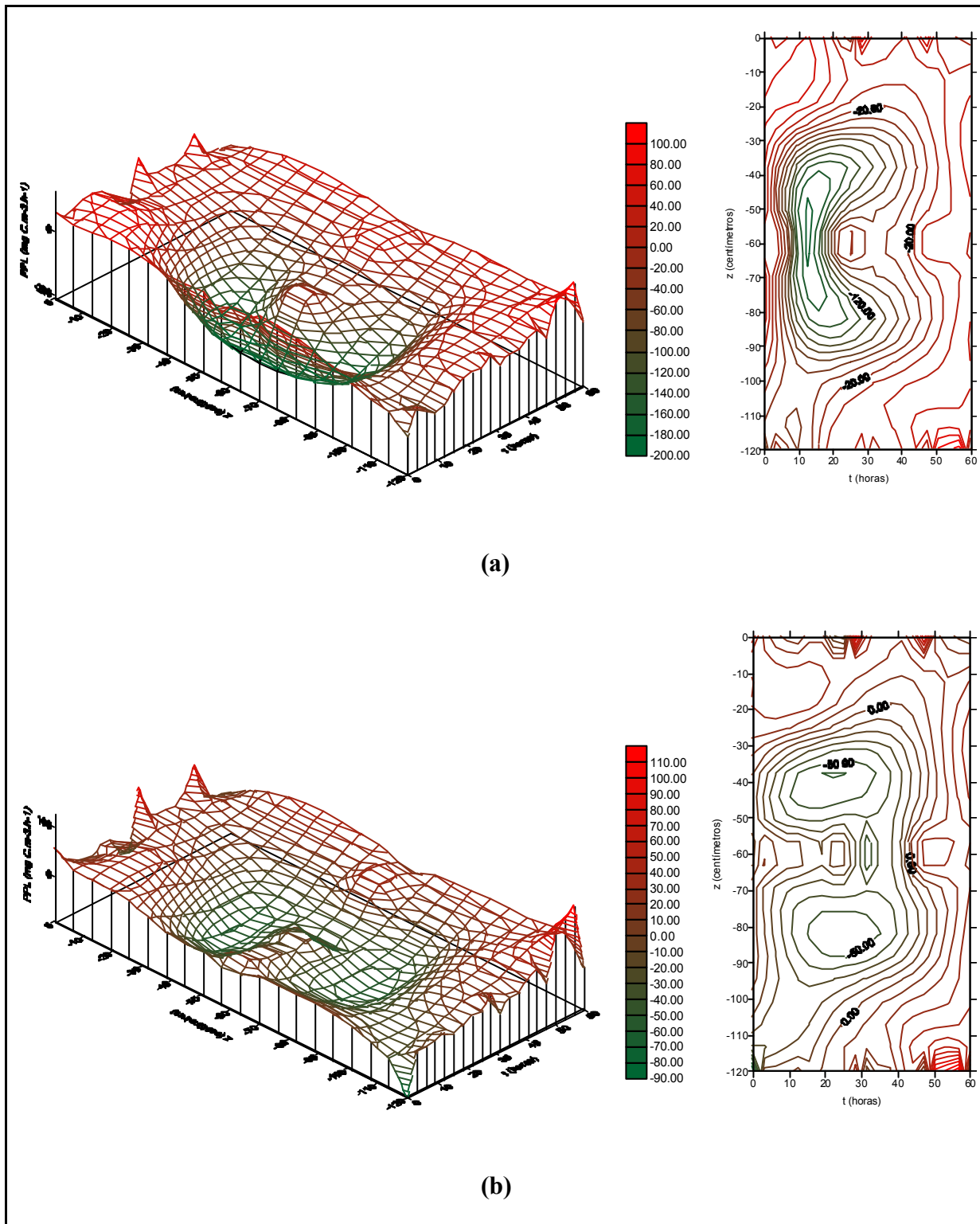


FIGURA 4.36: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Líquida (PPL) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

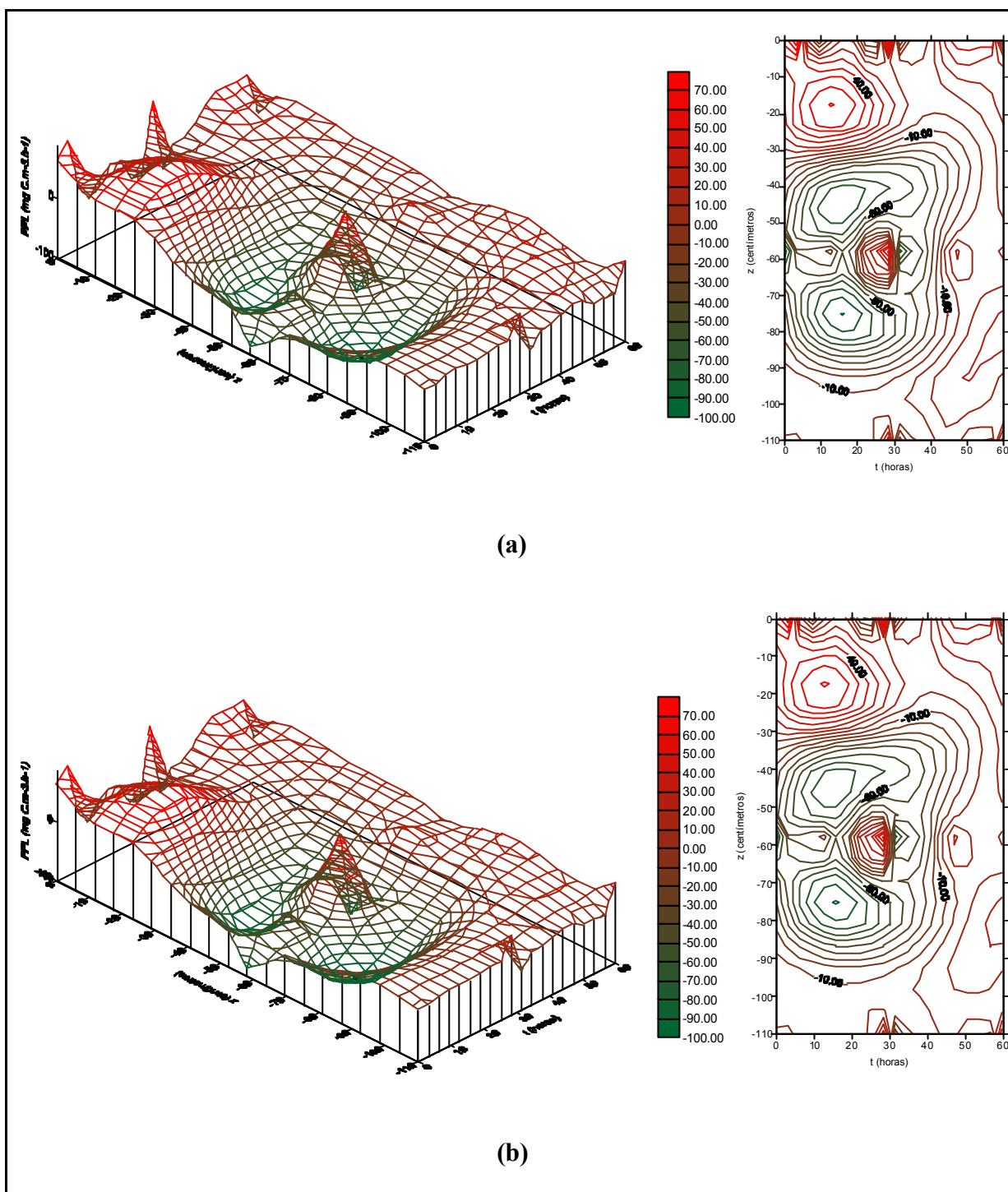


FIGURA 4.37: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Líquida (PPL) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

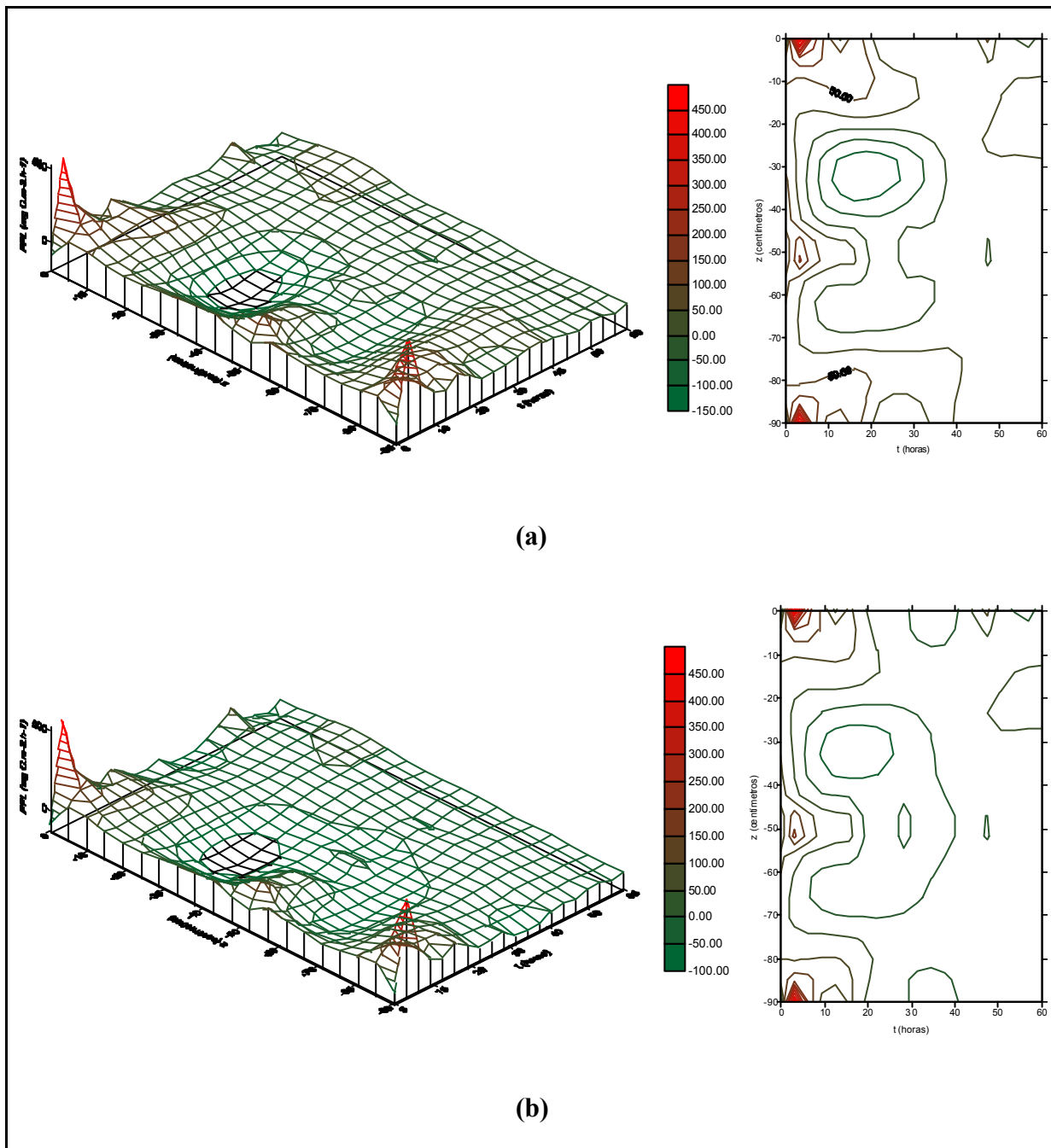


FIGURA 4.38: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Líquida (PPL) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

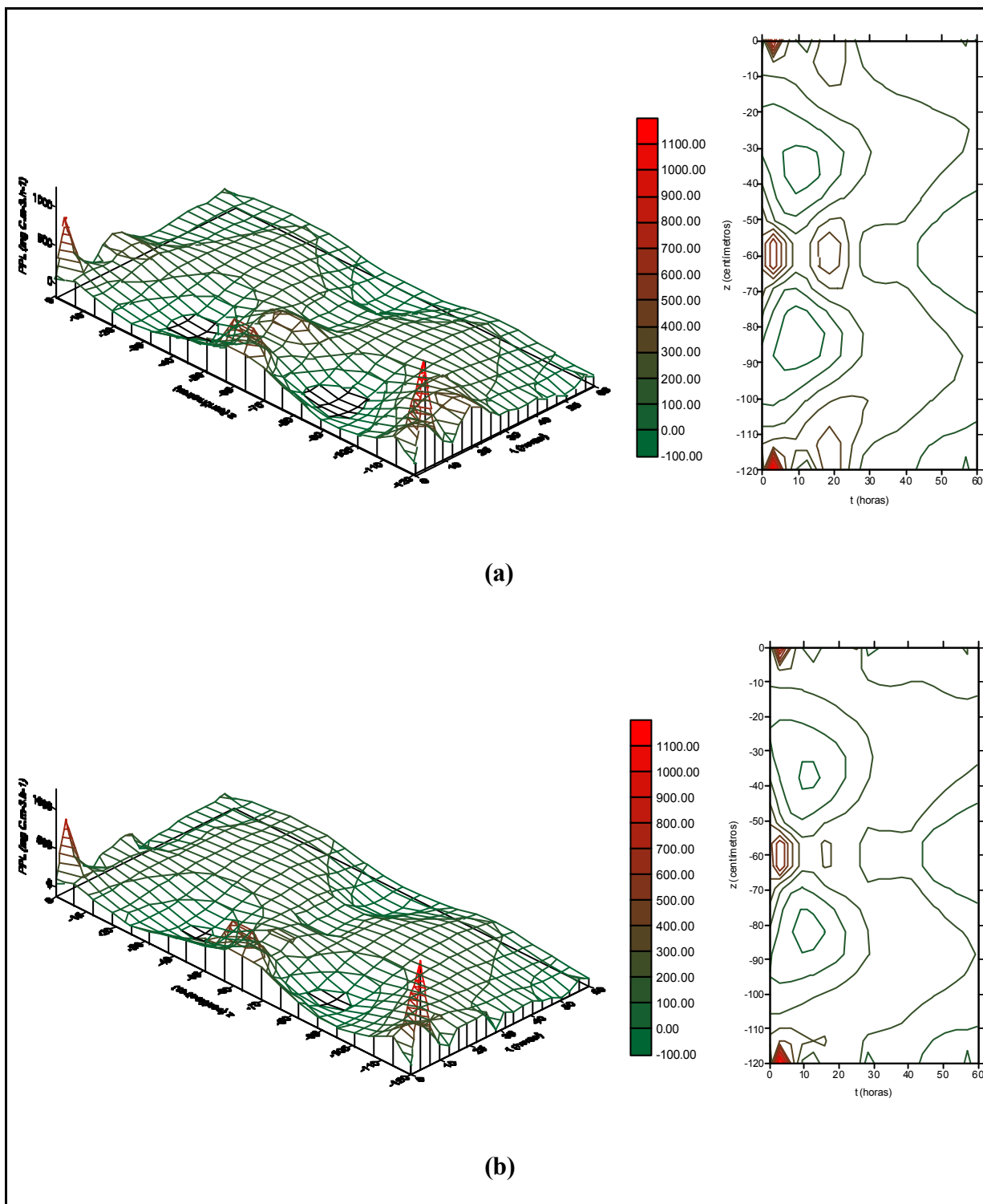


FIGURA 4.39: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Líquida (PPL) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

Observando as curvas mostradas nas Figuras 4.36, 4.37, 4.38 e 4.39 podemos notar que o ajuste foi adequado. Nenhuma delas apresentou, aparentemente alterações significativas. Como no estudo dos resultados decorrentes dos ajustes realizados nos dados de respiração, os dados que deram origem às superfícies apresentadas foram analisados pelo Surfer. Os dados desta análise estão descritos no Anexo 7, sendo dividido para cada subgrupo e conseqüentemente subdividido em dados antes e após a correção.

A Figura 4.40 mostra a relação entre as médias dos volumes calculados pelos métodos de integração numérica antes e após as correções dos dados (Anexo 7). Pode-se observar que somente no ponto IC houve uma redução significativa entre o volume antes e após a correção dos dados (84,09%). Isto confirma a baixa correlação apresentada na Tabela 4.58. Outro ponto que pode ser observado na Figura 4.40, é que somente no ponto PN o volume correspondente à superfície é positivo, nos demais casos o volume calculado é negativo, ou seja, a maior parte da superfície encontra-se abaixo do eixo que corresponde a PPL igual a zero ($z=0$). Com este resultado foram testados os outros pontos amostrais, apesar de não terem sido apresentados neste trabalho, o que veio a justificar que em 83.33% das superfícies predominaram volumes negativos. Esta avaliação pode ser confirmada no trabalho de Cardoso (2001), onde são apresentados alguns destes estudos realizados na Lagoa Itapeva.

Mesmo com uma diferença significativa no ponto IC, o método pode ser considerado significativo, ou seja, os pontos corrigidos não alteraram em nível de 1% de significância os volumes (avaliação feita através do teste t de significância).

No Anexo 7 também se pode observar os valores das áreas planas existentes nas superfícies mostradas. A Figura 4.41 mostra como no estudo da respiração, de forma resumida estes dados, comparando os dados referentes ao percentual de acréscimo (ou redução) das áreas planas positivas (APP) e negativas (APN), antes e depois do processo de correção. Pode-se notar que o valor da área total plana (ATP) não sofreu alteração, mais uma vez mostrando a estabilidade do método utilizado. Como o valor da soma entre as áreas planas negativas e positivas foi a mesma antes e depois do processo de correção (mesma variância), foi necessário utilizar o teste t para observações pareadas conforme descrito por Vieira (1980). Com este teste observa-se que o valor das alterações entre as áreas planas positivas e negativas não é significativo em um nível de 1% de significância.

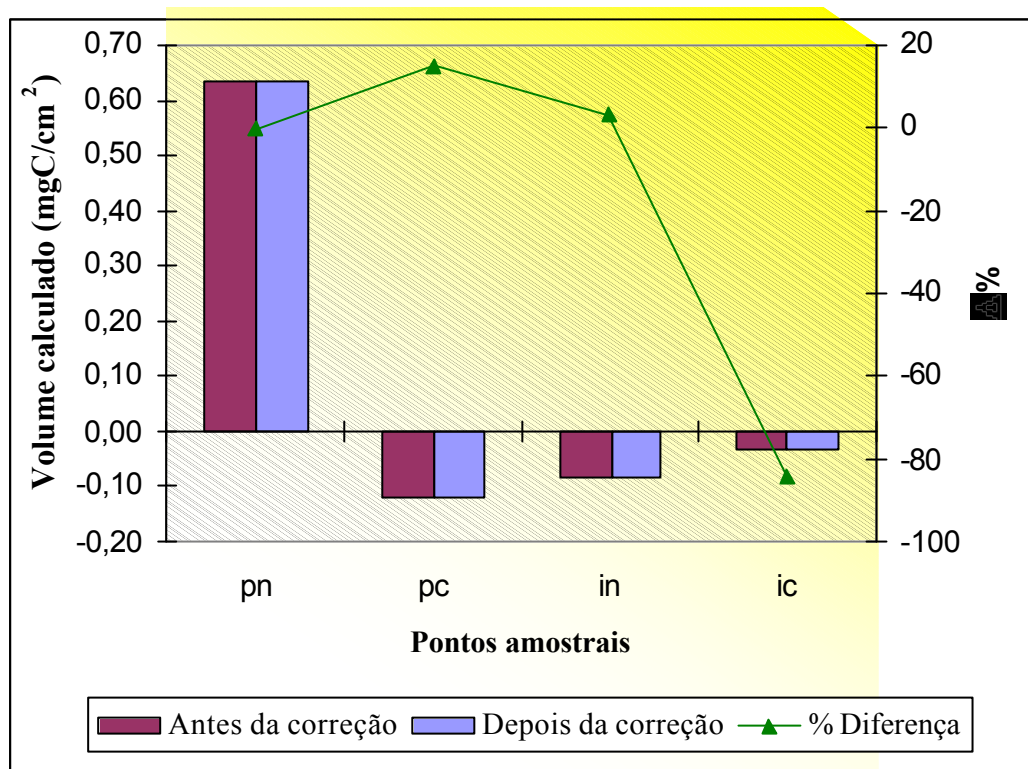


FIGURA 4.40: Comparação entre os volumes^{4.2} calculados antes e após o processo de correção dos dados nos diferentes pontos amostrais da Lagoa Itapeva.

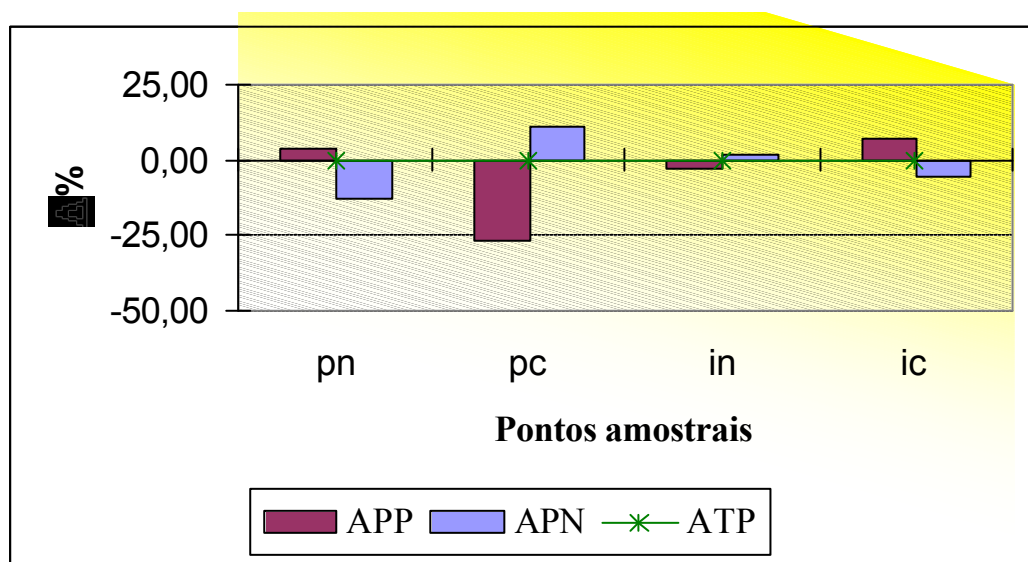


FIGURA 4.41: Comparação entre os valores da diferença percentual referentes às áreas planas positivas (APP), áreas planas negativas (APN) e as áreas totais planas (ATP), conforme dados descritos no Anexo 11 relativos aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva.

^{4.2} Ver nota 4.1.

Quanto aos valores das superfícies positivas e negativas descritas no Anexo 7, observa-se que nos quatro casos ocorreram diminuição percentual nos valores. A Figura 4.42 mostra esta relação e caracteriza que a quantidade de superfície negativa (abaixo do eixo $z=0$) diminuiu percentualmente nos pontos PN e IC. Nos pontos PC e IN ocorreram uma maior diminuição nas superfícies positivas, entretanto, comparando-se com a redução que ocorreu na superfície negativa, esta foi muito pequena, diferente dos pontos PN e IC que a diferença foi significativa. Pode-se sintetizar esta explanação caracterizando que todos os pontos analisados tiveram uma redução tanto nas superfícies positivas quanto nas negativas, e que quando ocorreu uma redução maior na superfície positiva a redução da superfície negativa foi proporcional.

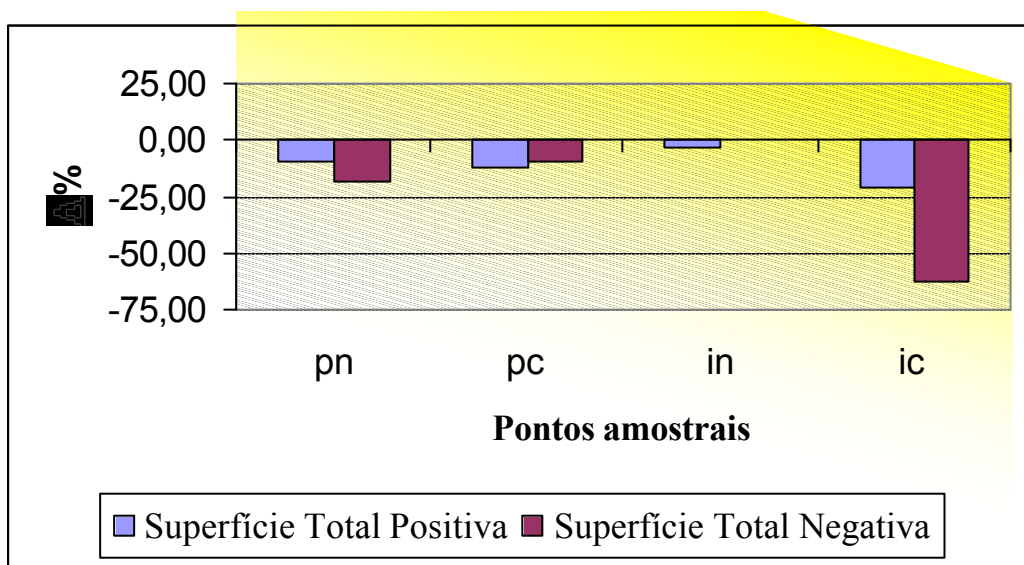


FIGURA 4.35: Comparação entre os valores da diferença percentual referente às superfícies positivas e as superfícies negativas, conforme dados descritos no Anexo 10 relativo aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva.

Para concluir a análise da Produtividade, foram elaboradas superfícies correspondentes aos pontos de PPB (Produtividade Primária Bruta), já que estes pontos foram significativamente alterados ou decorrentes dos pontos complementares gerados na análise de PPL ou através dos valores corrigidos da respiração. Assim, utilizando os dados corrigidos apresentados nas Tabelas 4.61, 4.62, 4.63 e 4.64, e os dados originais contidos nas Tabelas 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8, foram elaboradas as superfícies apresentadas nas Figuras 4.43, 4.44, 4.45, 4.46, 4.47, 4.48, 4.49, 4.50, 4.51, 4.52, 4.53 e 4.54, para os pontos PN, PC, OS, VN, VC, VS, ON, OC, OS, IN, IC e IS respectivamente. Todas as superfícies foram elaboradas como nos estudos anteriores utilizando o software Surfer®.

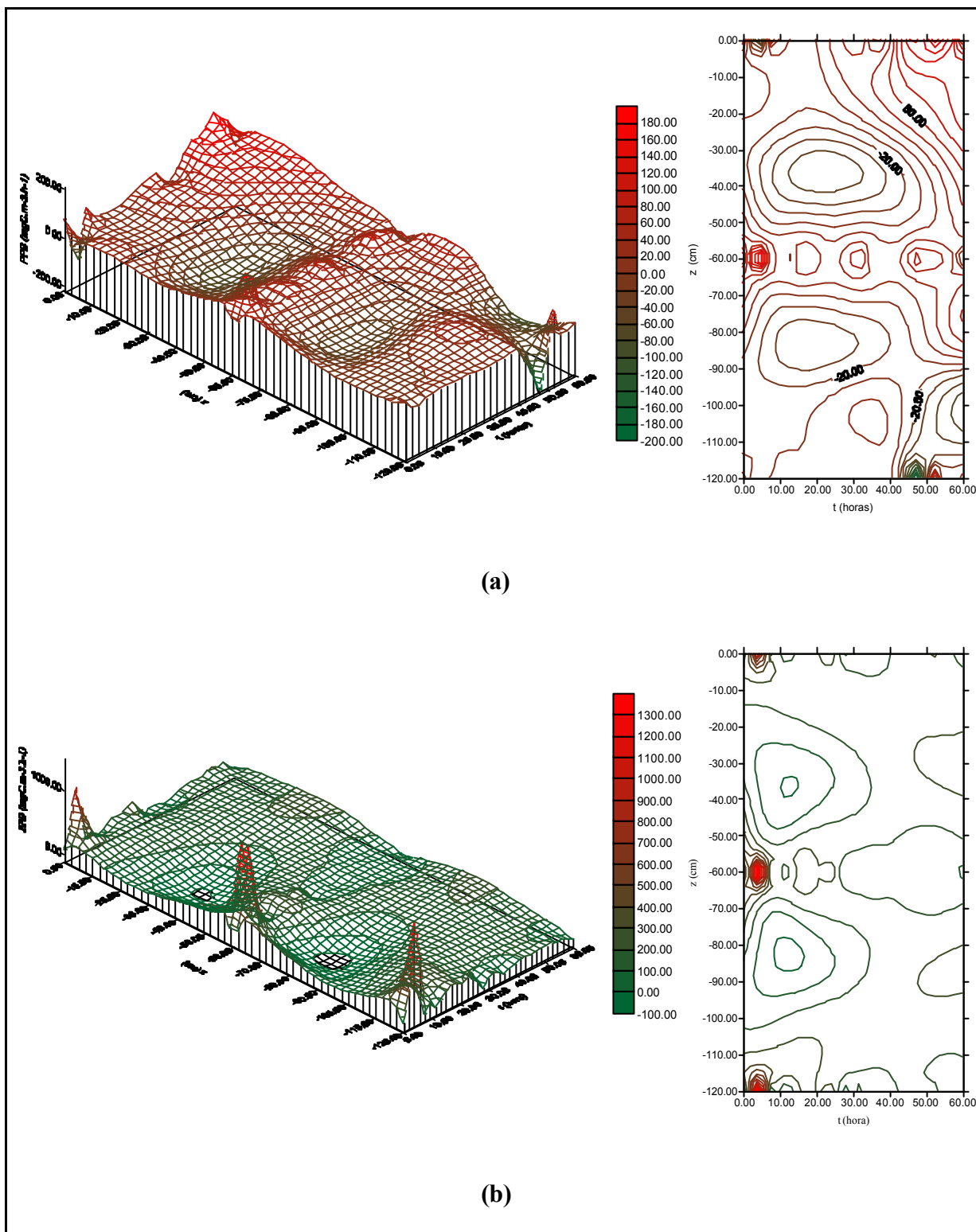


FIGURA 4.43: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

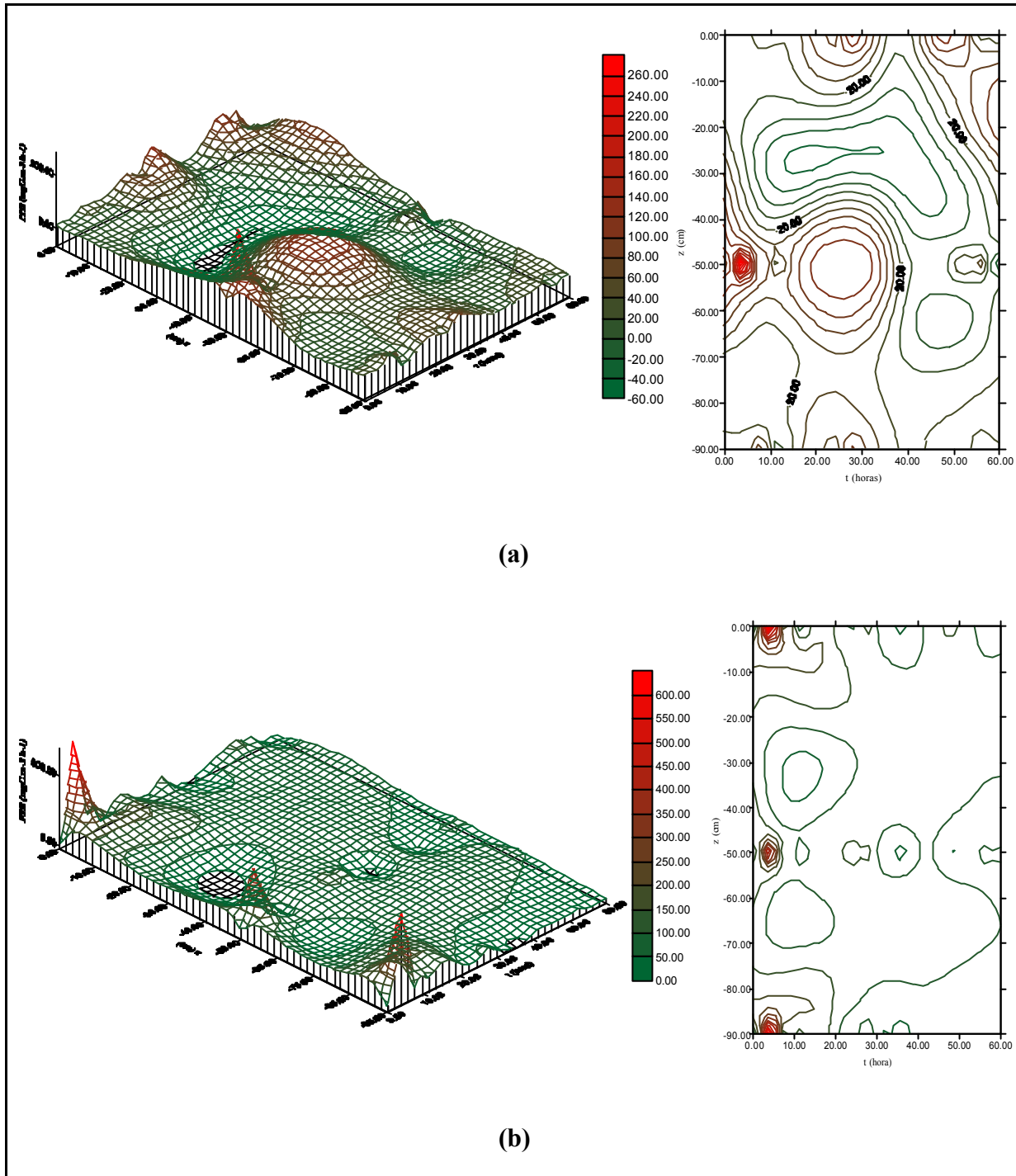


FIGURA 4.44: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

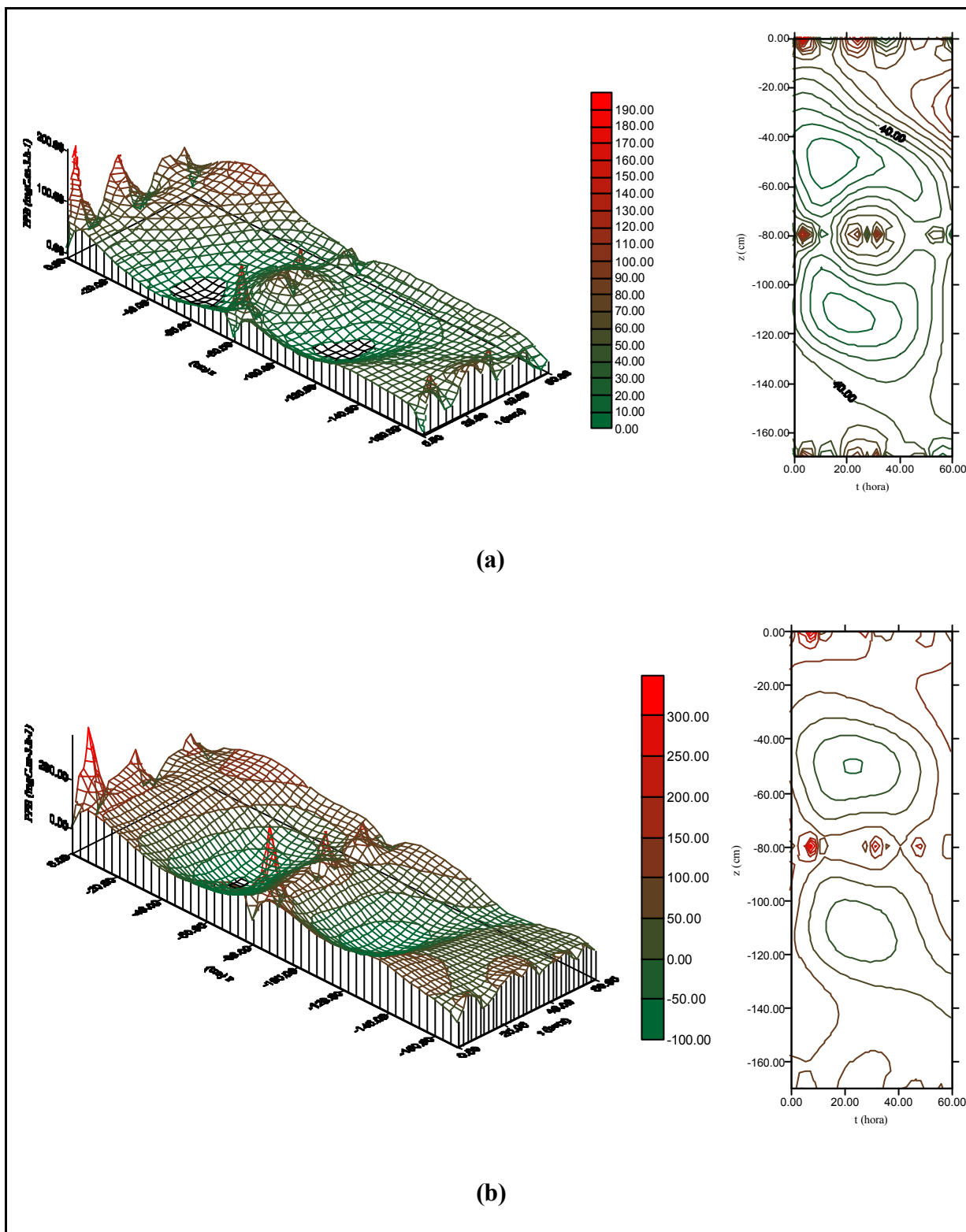


FIGURA 4.45: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo PS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

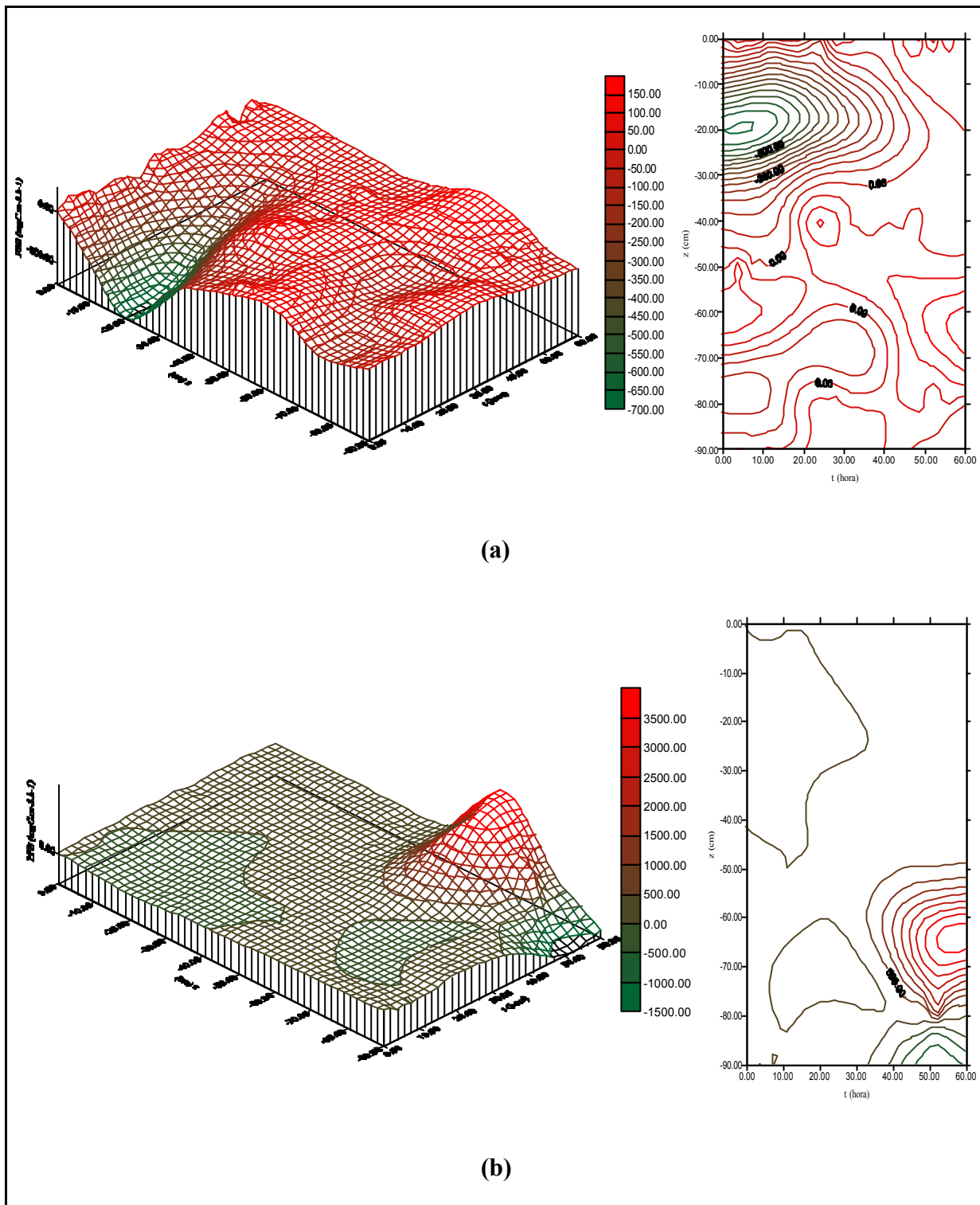


FIGURA 4.46: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo VN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

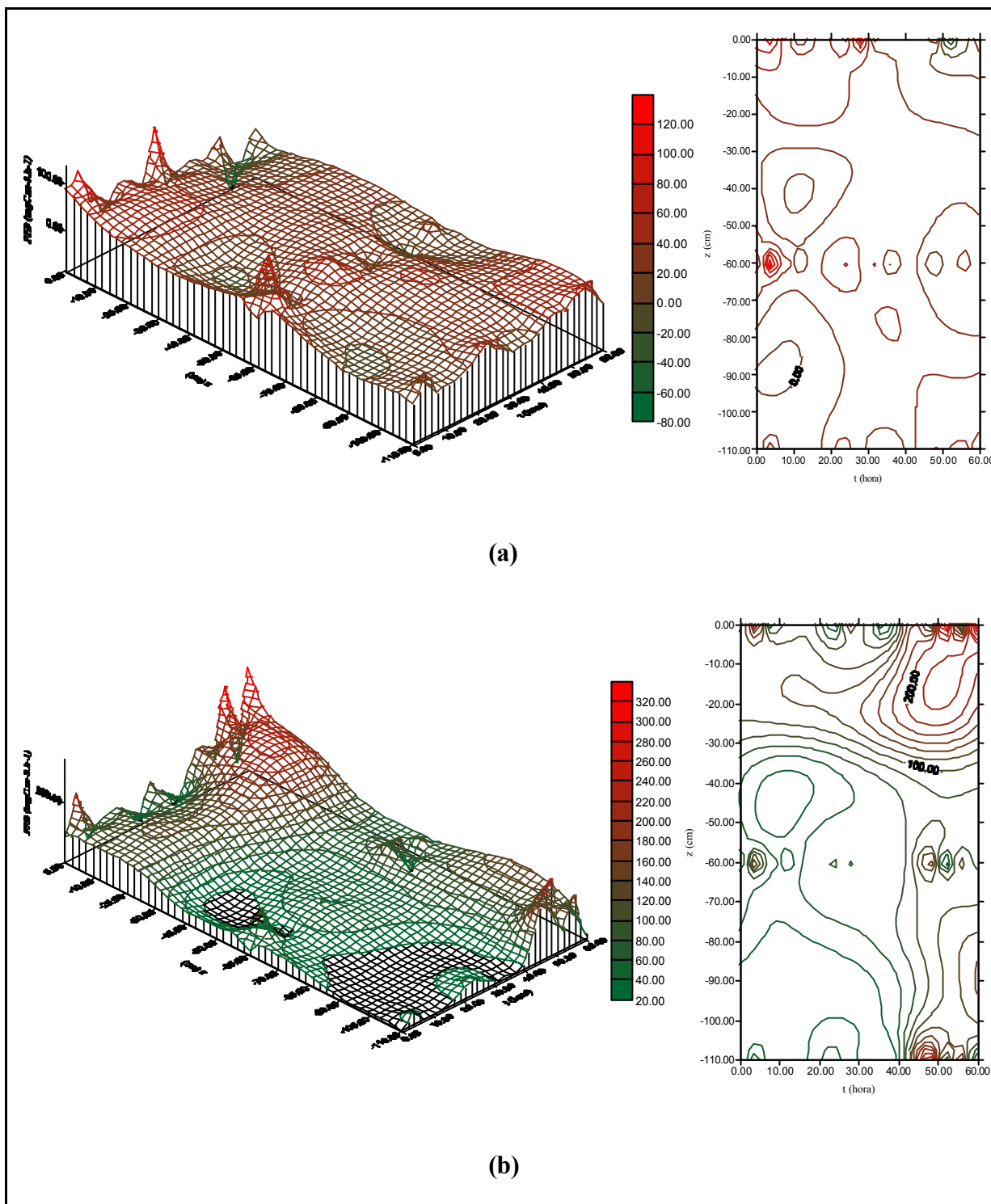


FIGURA 4.47: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo VC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

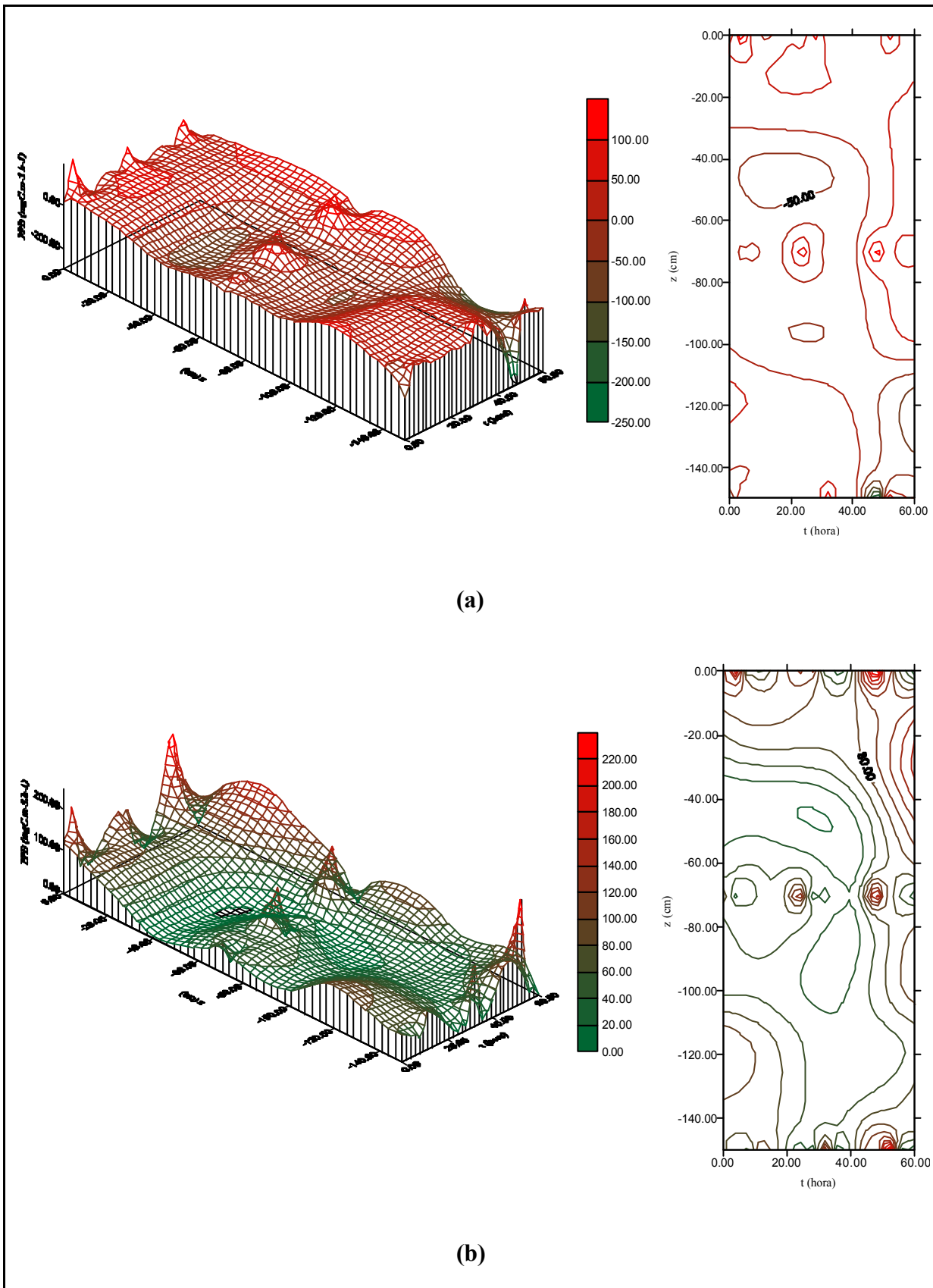


FIGURA 4.48: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo VS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

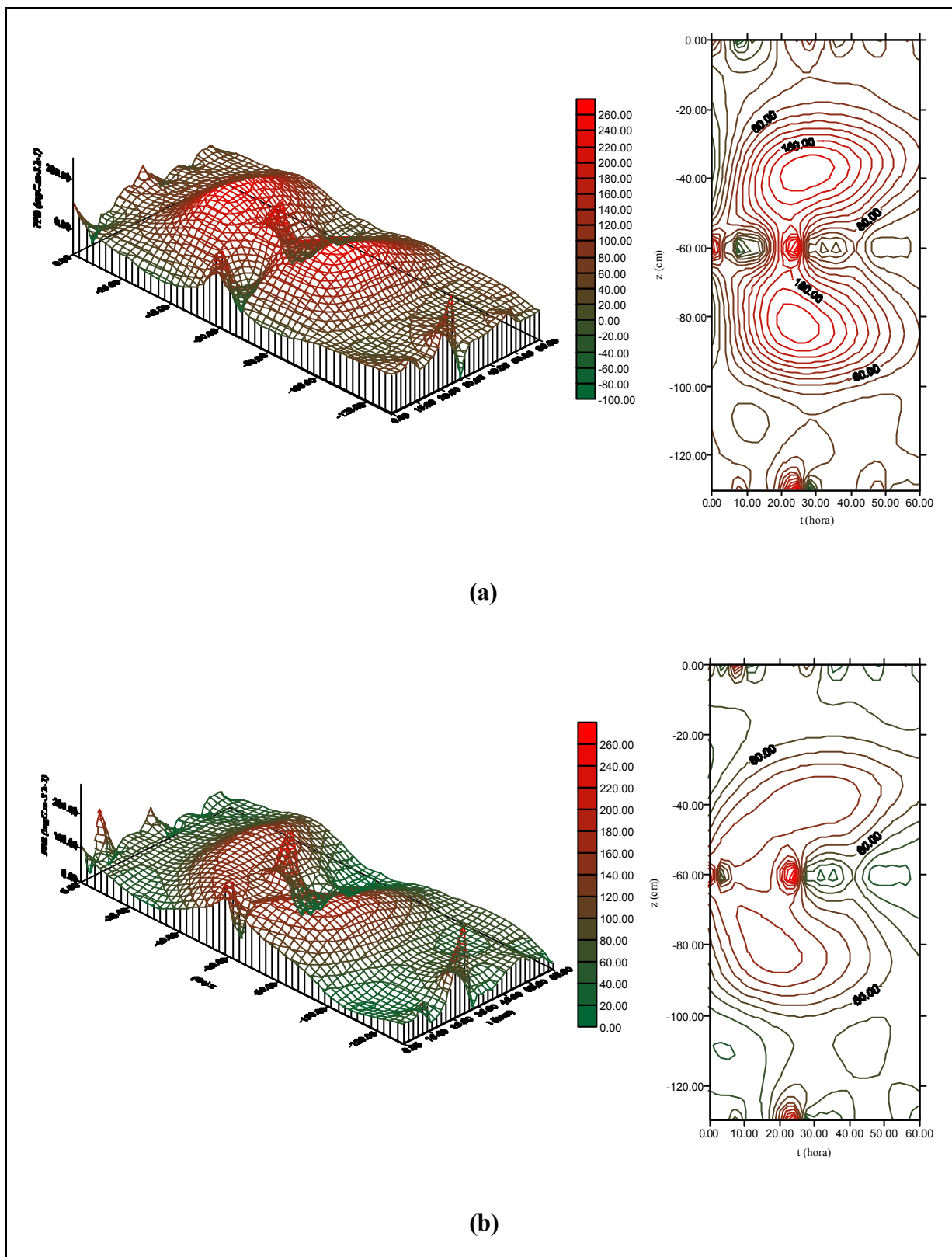


FIGURA 4.49: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo ON da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

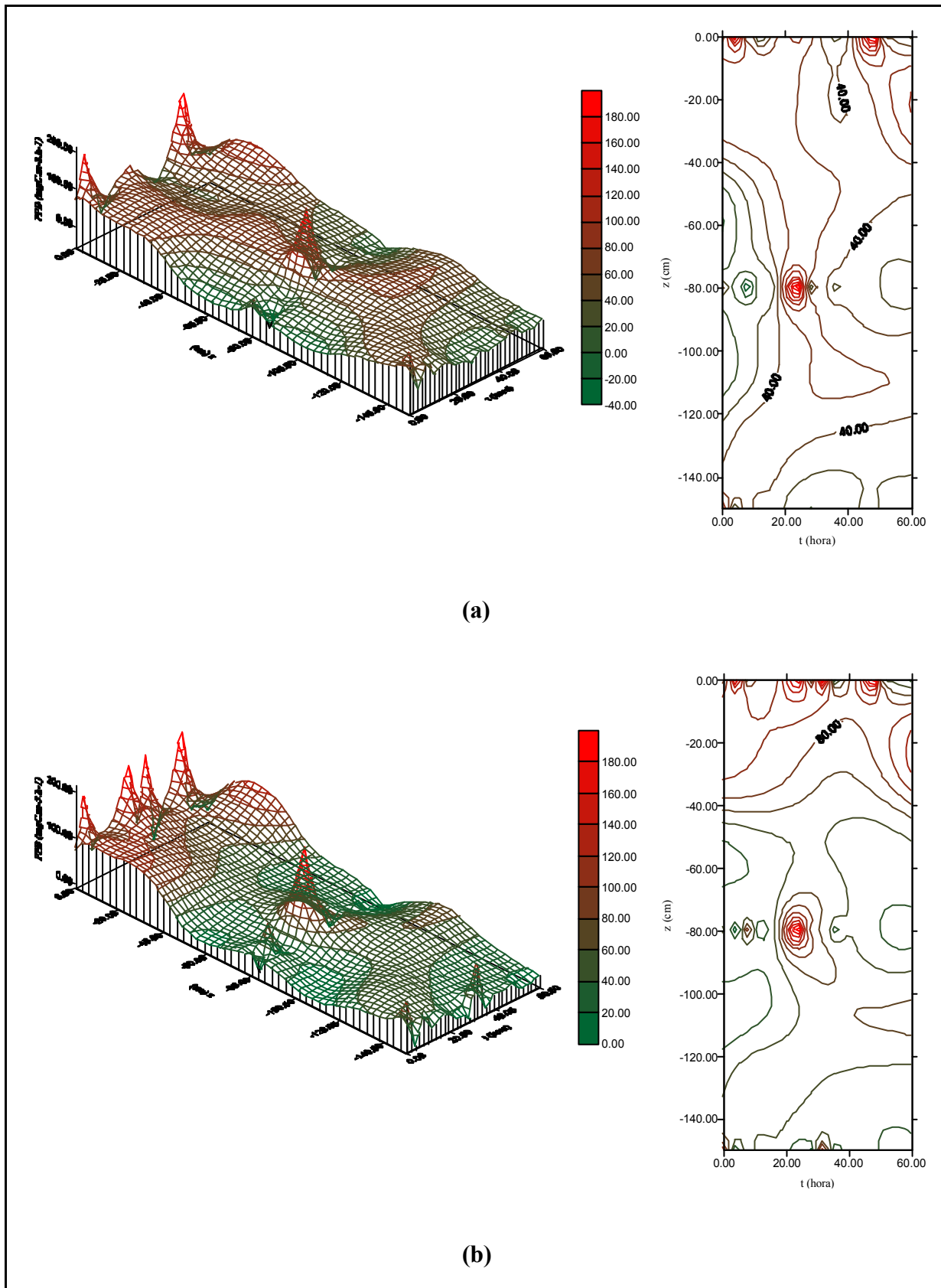


FIGURA 4.50: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo OC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

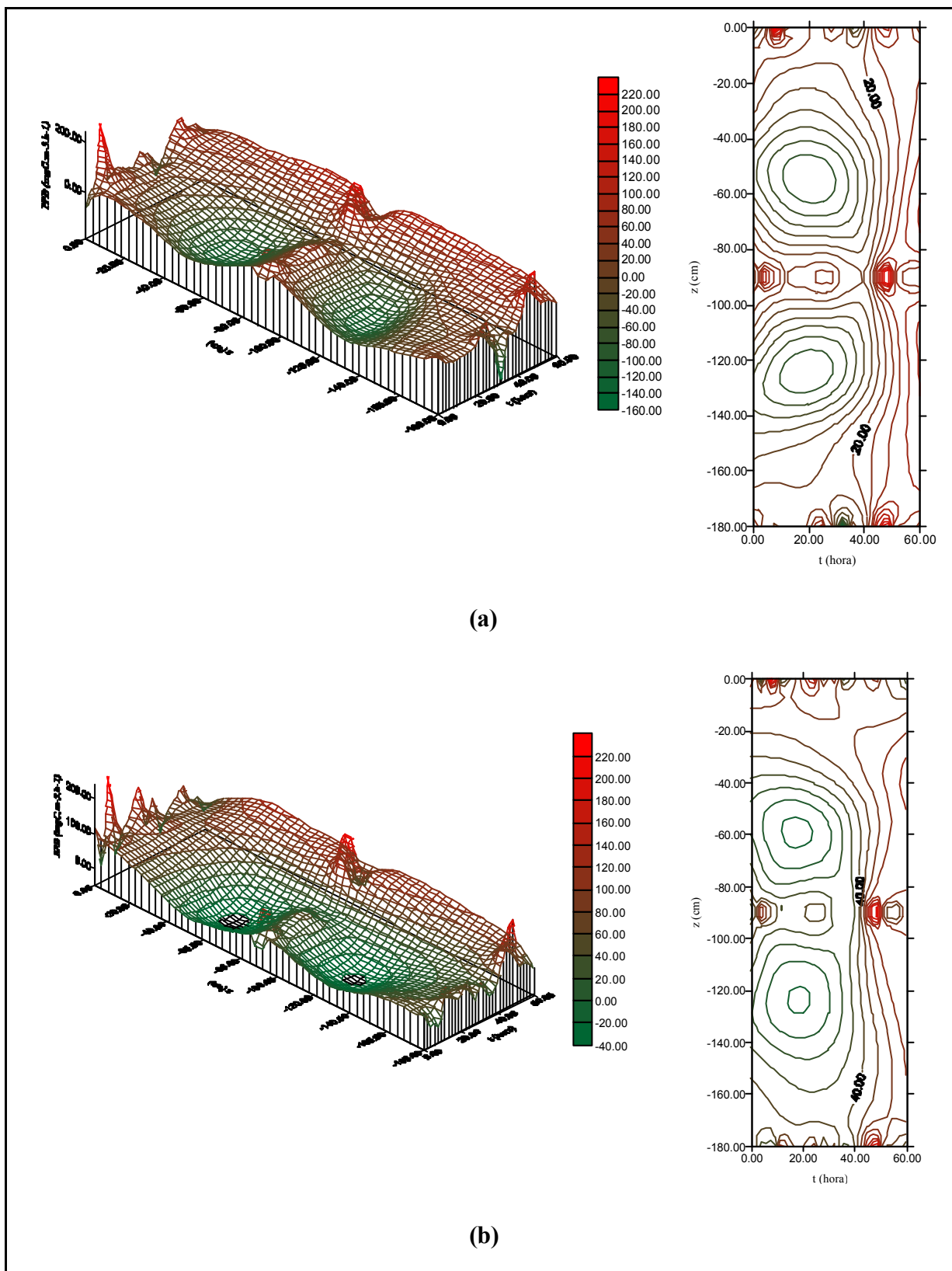


FIGURA 4.51: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo OS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

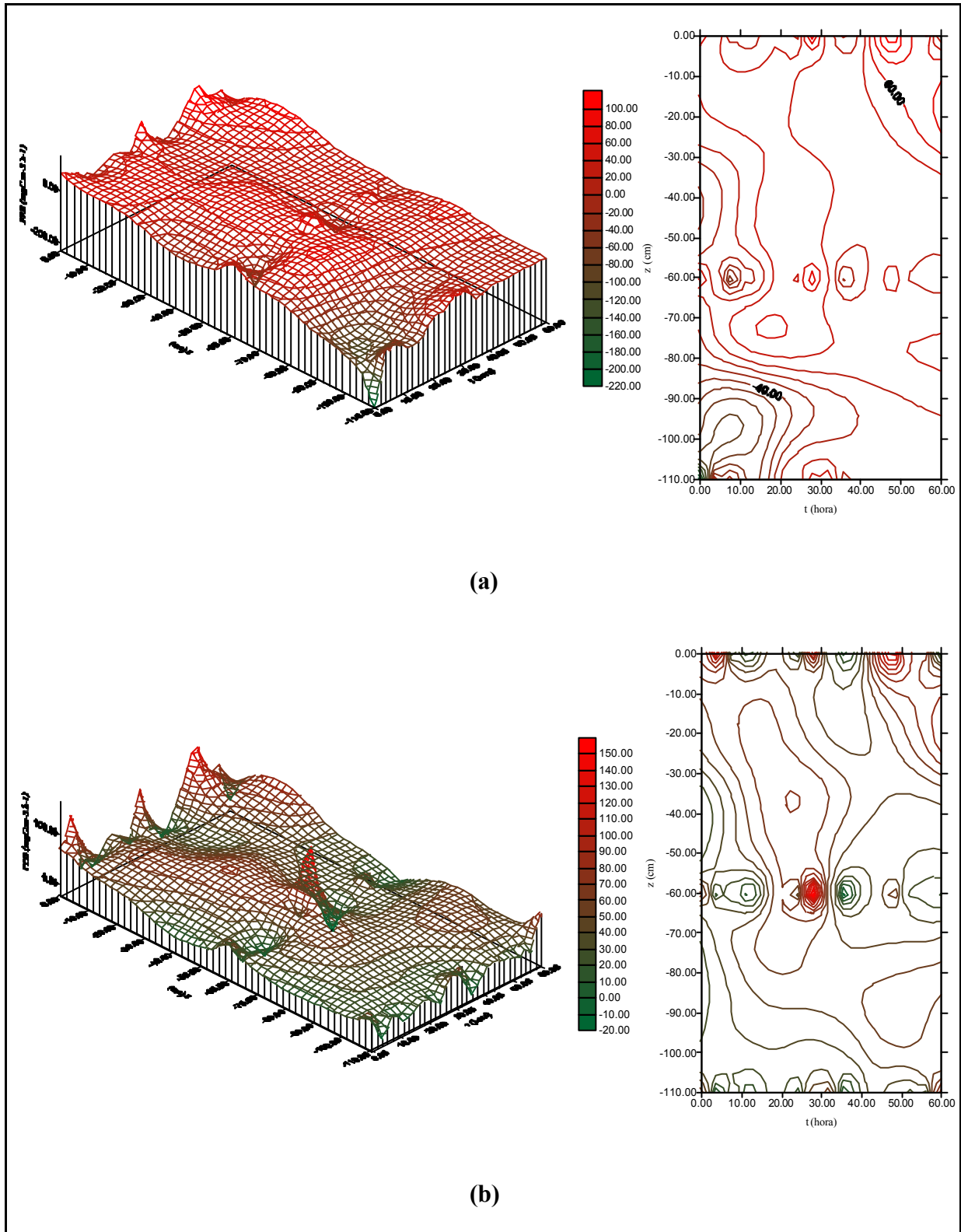


FIGURA 4.52: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IN da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

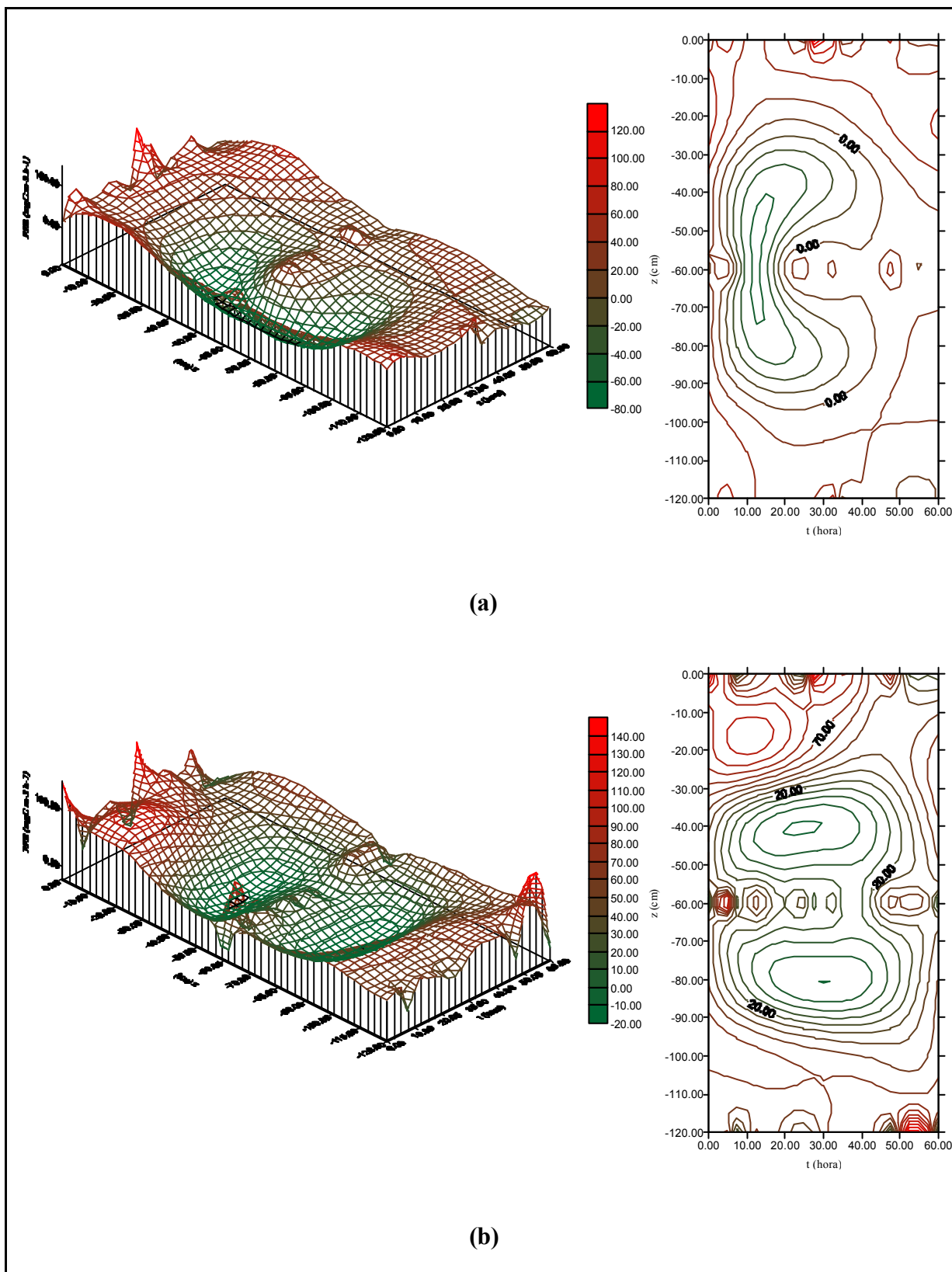


FIGURA 4.53: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IC da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

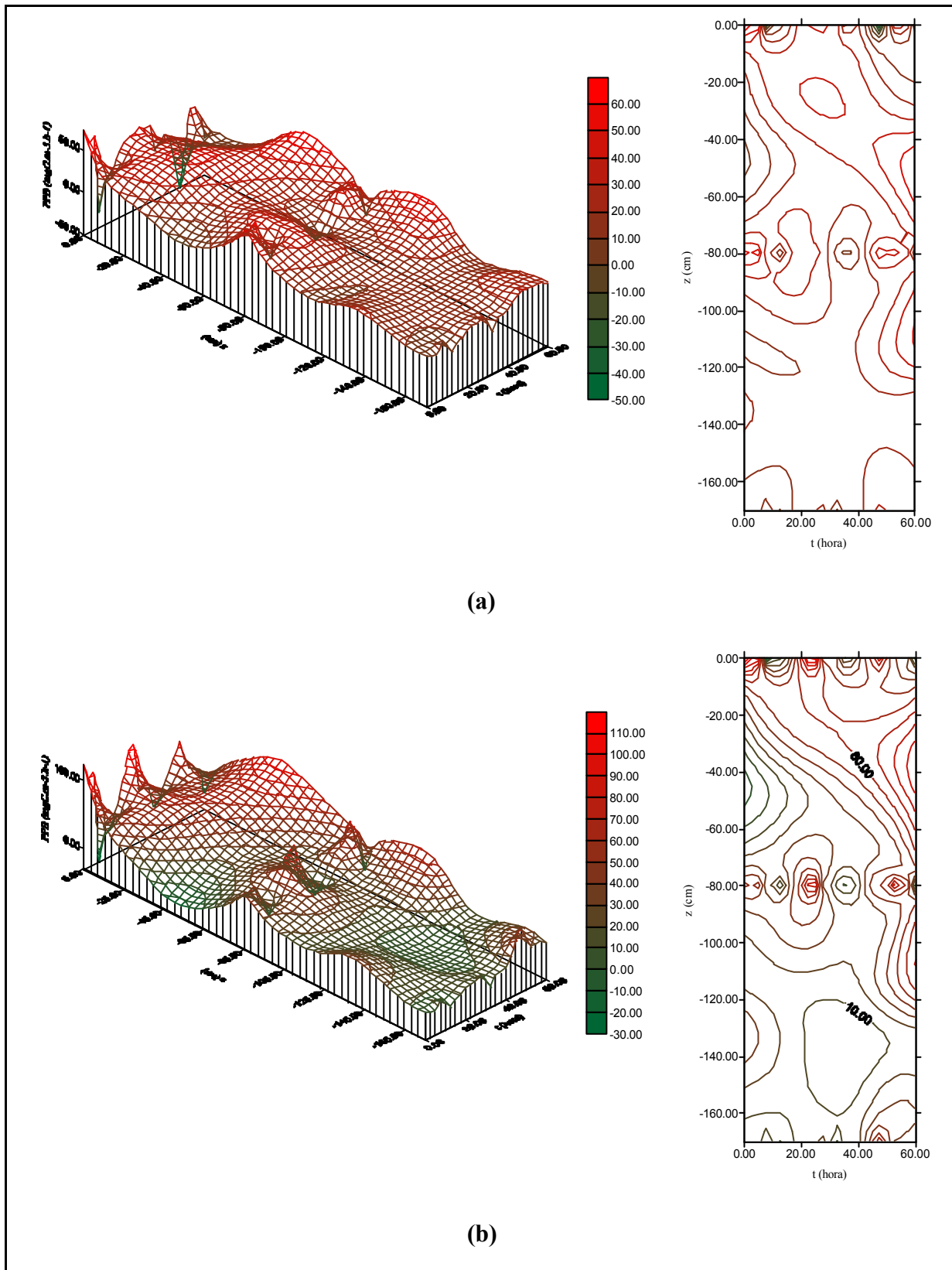


FIGURA 4.54: Comparação entre as relações da Produtividade Primária Bruta (PPB) com a profundidade (z) e o tempo (t), antes (a) e depois (b) da complementação dos valores experimentais referentes aos dados do subgrupo IS da Lagoa Itapeva (vista tridimensional e superior).

Neste caso, da PPB, fica visível as alterações que ocorreram nos dados, evidenciando algumas observações que podem ser discutidas. Quanto ao volume ocupado pelas superfícies, como nos demais estudos realizados, foram tabulados os dados para cada ponto amostral (Anexo 8). A Figura 4.55 mostra a relação dos volumes calculados antes e após a correção dos dados. Neste gráfico, nota-se que em todos os pontos amostrais ocorreu um aumento do volume correspondente às superfícies em estudo. A variação entre os volumes iniciais e os finais (após correção), apresentaram alguns valores elevados, entretanto como o comportamento de todos os pontos amostrais foi o mesmo, caracterizou assim, em um nível de 1% de significância, uma estabilidade dos dados (avaliação através do teste t considerando-se 11 graus de liberdade).

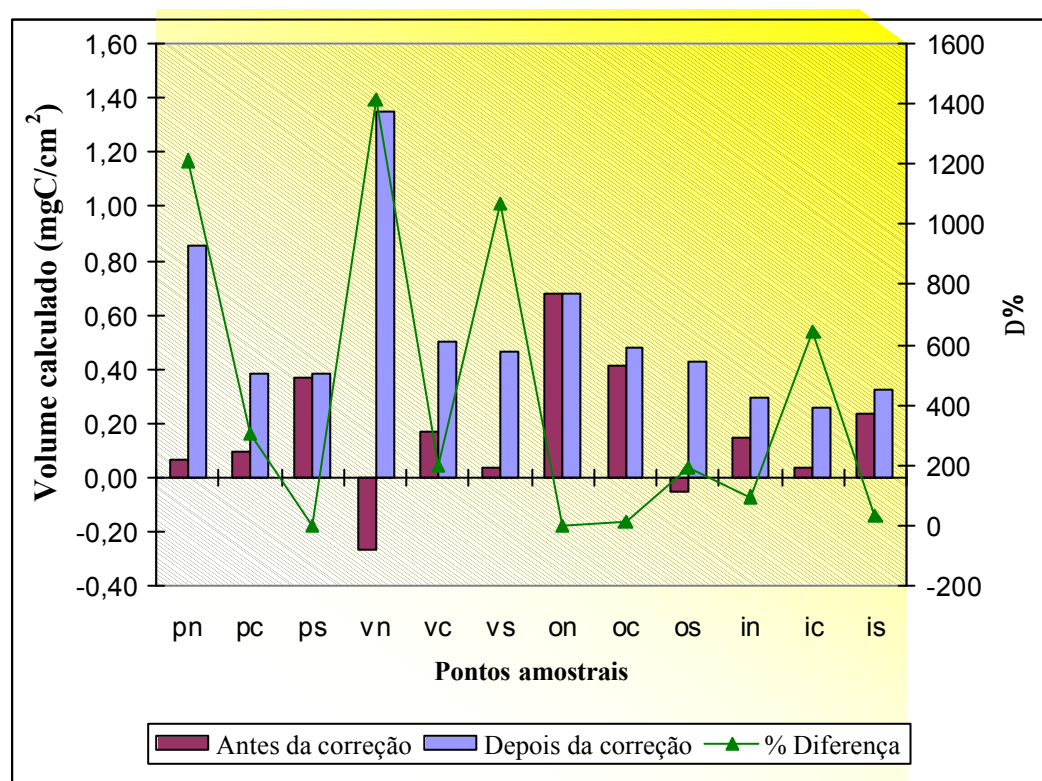


FIGURA 4.55: Comparação entre os volumes^{4.3} calculados antes e após o processo de correção dos dados nos diferentes pontos amostrais da Lagoa Itapeva.

Avaliando as áreas planas registradas nas superfícies (Anexo 8), observa-se que somente nos pontos PS e IS ocorreram uma diminuição da área ascendente (positiva) considerando as análises realizadas antes e após as correções. Contudo somente no ponto PS ocorreu um aumento da área negativa o que acarretou um acréscimo no percentual de

^{4.3} Ver nota 4.1.

aumento negativo na área plana total (ATP). Isto deve ter ocorrido devido ao fato de que tanto no ajuste da respiração quanto no ajuste da Produtividade Primária Líquida (PPL) este ponto amostral apresentou um maior número de dados a ser corrigido (isto pode ser observado na Figura 4.56). Analisando a compatibilidade dos dados calculados nota-se também uma correlação das áreas totais planas em um nível de significância de 1% (teste de *t*). Pode-se observar ainda na Figura 4.56, que na maioria dos pontos (60%) não ocorreu alteração no percentual de área total plana (ATP).

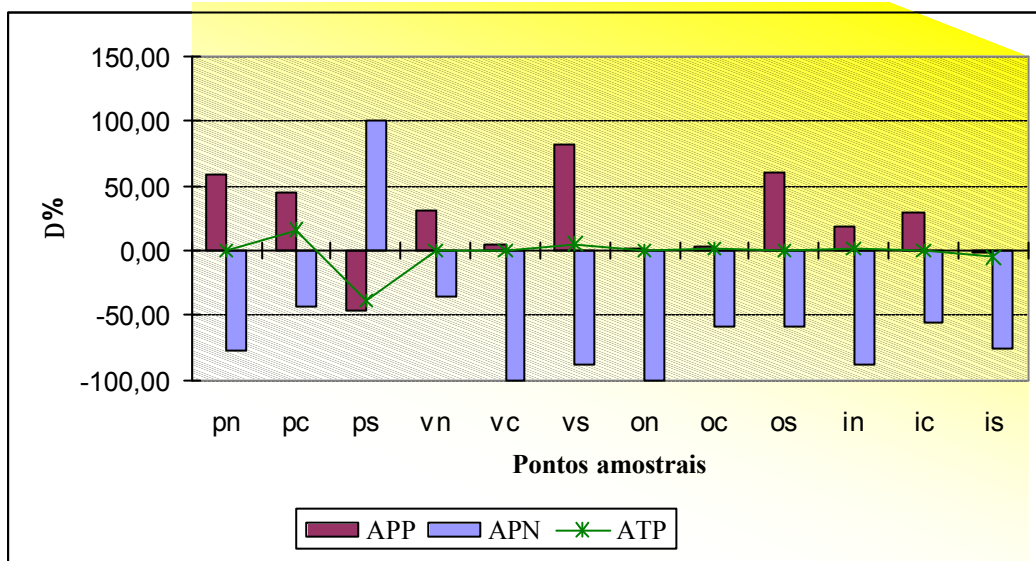


FIGURA 4.56: Comparação entre os valores da diferença percentual referente às áreas planas positivas (APP), áreas planas negativas (APN) e as áreas totais planas, conforme dados descritos no Anexo 12 para análise de PPB, relativos aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva.

Outro ponto que pode ser avaliado através dos dados disponíveis no Anexo 8, é o correspondente aos valores do total da superfície acima e abaixo do eixo $z=0$. Assim a Figura 4.57 mostra a relação dos percentuais de aumento ou de redução destas superfícies antes e após as correções realizadas. Pode-se observar que basicamente todos os pontos amostrais (exceto o ponto VN) reduziram a superfície negativa e quase todas (exceto o ponto ON) tiveram as superfícies positivas com um aumento percentual significativo. Através de análise de significância pode-se observar que houve uma alteração significativa (nível de 1% de significância) entre as superfícies antes dos processos de correção e/ou complementação e após estas correções. Um fator importante na análise da Figura 4.57 é que nos pontos PN e VN observou-se um grande e significativo aumento na superfície positiva, o que corresponde ao aumento observado na Figura 4.55.

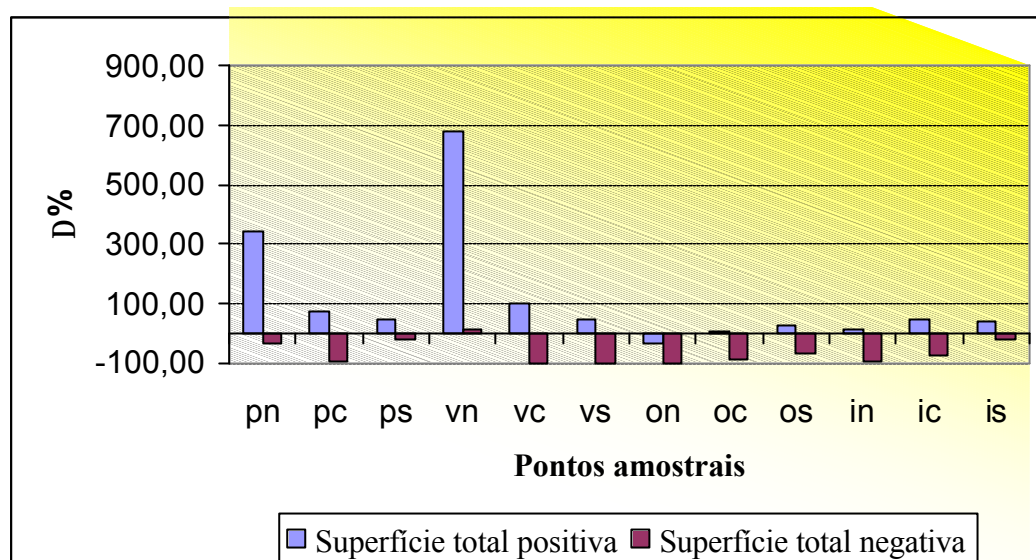


FIGURA 4.57: Comparação entre os valores da diferença percentual, referentes às superfícies positivas e as superfícies negativas, conforme dados descritos no Anexo 8 relativo aos pontos amostrais da Lagoa Itapeva.

4.2.5. Dados de fitoplâncton e zooplâncton

Em relação aos dados de fito e zooplâncton, como citado no item 3.2.5, utilizou-se às informações contidas nas tabelas de dados fornecidas por Cardoso (2001) e Becker (2002), para elaboração dos parâmetros correspondentes a biomassa de fitoplâncton (produtor primário) e zooplâncton (consumidores primários e secundários).

Como foi observado na descrição metodológica, quando se iniciou a pesquisa dos fatores de correção de biovolume em biomassa, foram encontrados inúmeras referências com informações complementares aos dados oferecidos por Cardoso (2001) e Becker (2002). As Tabelas 4.65, 4.66, 4.67, 4.68, 4.69, 4.70, 4.71, 4.72, 4.73, 4.74 e 4.75 trazem os valores médios computados, lembrando que foram utilizados além dos dados citados nas referências os fornecidos pelas autoras já citadas. Na maioria dos casos foram utilizados mais de uma referência, e somente de quatro indivíduos não foram obtidos referências. Ao total foram consultadas 1279 referências, entretanto somente 831 possuíam realmente informações compatíveis ou coerentes. Em muitos casos as referências traziam citações de outras referências, e só foram consideradas caso não se possuísse as originais.

Em relação às informações foram consideradas as informações diretas, ou seja, os valores diretos de biomassa ou biovolume, como também em alguns casos foram utilizados

valores referentes às dimensões dos indivíduos, o que através das características morfológicas pode-se aproximar o volume. Também foram encontrados valores referentes a grupos, gêneros ou famílias, dados médios dos indivíduos, nestes casos quando os valores eram coerentes com populações homogêneas foram utilizados na elaboração das médias, caso contrário não são citados. Cabe salientar que em muitas situações foi necessário o uso de sinônimos dos nomes científicos ou até a utilização de nomenclaturas recentes ou antigas, devido a mudanças taxonômicas.

As Tabelas estão distribuídas conforme a classificação feita por Cardoso (2001) e Becker (2002).

TABELA 4.65: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Bacillariophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
<i>Aulacoseira agassizii</i>	Albay e Akcaalan (2003), Baker et al (2000), Cronberg (1999), Domitrovic (2002), Gómez (1998), Hubble e Harper (2002), Kling (1998), Maruo et al (2001), May (2001), Nogueira (2000), Owen (1999), Solovieva e Jones (2002) e Stager e Johnson (2000)	553,79
<i>Aulacoseira distans</i>	Takamura et al (2003), Drake e Naiman (2000), Griffith et al (2002), Rühland e Smol (2002) e Wolfe (2003)	216,73
<i>Aulacoseira granulata</i>	Dixit et al (2000), Modenutti et al (1998), Queimaliños (1998), Bradshaw e Anderson (2001), Lung'Ayia et al (2000), Leland e Porter (2000), Izaguirre et al (2001), Coles e Jones (2000), Diaz et al (2000), Diaz et al (2001), Gabellone et al (2001), Guanzon Jr. e Nakahara (2002), Takamura et al (2003) e Chrzanowski e Grover (2001)	592,22
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	Bahnwart et al (1998), Blinn e Bailey (2001), Bormans e Webster (1999), Calijuri et al (2002), Coles e Jones (2000), Diaz et al (1998), Dixit et al (2000), Domitrovic (2002), Gómez e Bauer (1998), Guanzon Jr. e Nakahara (2002), Izaguirre et al (2001), Kling (1998), Komarkova e Tavera (2003), Medioli e Brooks (2003), Mercado (2003), Nogueira (2000), Owen e Utha-Aroon (1999), Queimalinos et al (1998), Stager e Johnson (2000), Stoermer et al (1999), Telford e Lamb (1999), Unrein (2002) e Wessels et al (1999)	190,28
<i>Aulacoseira</i> sp.	Coles e Jones (2000), Guanzon Jr. e Nakahara (2002), Salomon et al (2003), Izaguirre et al (2001), Bradshaw et al (2002), Bastviken et al (1998), Drake e Naiman (2000), Griffith et al (2002), Mitrovic et al (2003), Carrias et al (1998), Modenutti et al (1998), Gosselain et al (1998), Genner et al (2003), Millie et al (2002), Diaz et al (2001), Woelfl e Geller (2002), Takamura et al (2003), Leland e Porter (2000), Zhang et al (2001), Descy et al (2000), Descy et al (2003), Hunt et al (2003), Kobayashi et al (1998) e Gabellone et al (2001)	79,26
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	Duigan et al (1999), Leland e Porter (2000), Leland et al (2001), Marker e Collett (1997), Peterson et al (1998) e Rühland e Smol (2002)	99,67

TABELA 4.65 (continuação): Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Bacillariophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
<i>Cyclotella</i> sp.	Duigan et al (1999), Leland e Porter (2000), Leland et al (2001), Marker e Collett (1997), Peterson et al (1998) e Rühland e Smol (2002)	54,61
<i>Cymbella</i> sp.	Lundholm e Moestrup (2000), Tuji (2000), Nakagawa et al (2002), Sabater et al (1998) e Nozaki (2001)	2,92
<i>Eunotia camelus</i>	Blinn e Bailey (2001), Brendelberger (1997), De Almeida (2001), De Vijver e Beyens (1999), DeNicola (2000), Ferguson et al (2000), Fyson et al (1998), Gebeshuber et al (2002), Hawes e Schwarz (1996), Hirst et al (2002), Kapfer (1998), Kolesar et al (2002), Ledger e Hildrew (2000), Lessmann et al (2000), Main (2002), Mann et al (2003), Metzeltin e Lange-Bertalot (1998), Stoermer et al (1999), Trick et al (2002) e Verb e Vis (2000)	115,00
<i>Eunotia valida</i>	Mann et al (2003) e Stoermer et al (1999)	89,54
<i>Eunotia sudetica</i>	Mann et al (2003) e Stoermer et al (1999)	114,95
<i>Eunotia didyma</i>	Brendelberger (2000), Main (2002) e Verb e Vis (2000)	94,68
<i>Eunotia</i> spp.	Griffith et al (2002), Ledger e Hildrew (2001), Ledger e Hildrew (2000) e Trick et al (2002)	91,82
cf. <i>Fragillaria pinnata</i>	Bastviken et al (1998), Berger e Maier (2001) e Lee et al (1995)	78,41
cf. <i>Fragillaria javica</i>	Lee et al (1995)	20,72
<i>Fragillaria</i> sp. pq.	Bastviken et al (1998), Berger e Maier (2001) e Lee et al (1995)	37,46
<i>Fragillaria</i> sp.	Bastviken et al (1998), Berger e Maier (2001) e Lee et al (1995)	57,85
<i>Frustulia</i> sp.	De Vijver e Cohu (2003), Gronlund e Kauppila (2002), Korotky et al (2000), Manoylov et al (2003), Razjigaeva et al (2002), Saramaja-Korjonen (2001) e Wolfe (2003)	90,06
<i>Gyrosigma</i> sp.	Greenwood et al (1999), Lange e Tiffany (2002), Reid e Williams (2003) e Ribeiro et al (2003)	99,89
<i>Gomphonema</i> cf. <i>augur</i>	Ghosh e Gaur (1998), Guasch et al (2002), Ivorra et al (2002), Leland et al (2001), Loez et al (1995), Mercado (2003), Monteiro et al (1995), Montesanto et al (1999), Nakagawa et al (2002), Pohnert e Boland (1996), Sabater (2000), Sherwood et al (2000) e Trick et al (2002)	135,80
<i>Navicula cryptotenella</i>	Alverson e Courtney (2002), Duigan et al (1999), Komárek (2003), Lim et al (2001), Marker e Collett (1997), Podemski e Culp (2001), Rühland e Smol (2002) e Sandgren et al (1999)	429,26
<i>Navicula cryptocephala</i>	Mizuno (2000), Hu et al (2003), Mercado (2003), Soininen (2003), Gómez e Bauer (1998) e Ghosh e Gaur (1998)	429,26
<i>Navicula</i> spp.	Albay e Akcaalan (2003), Cox (2003), Cunningham et al (2003), Diaz et al (1998), Kebede-westhead et al (2003), Leland et al (2001), Sporka et al (2002), Sano et al (2003), Trick et al (2002), Watt (1998) e Wen e Zhi-hui (1999)	220,95
<i>Nitzschia</i> spp.	Blain et al (2002), Cremer et al (2001), Davidovich e Bates (1998), Ferdin et al (2002), Kotaki et al (2000), Ladizinsky e Smith (2000), Leland et al (2001), Marker e Collett (1997), Marks e Power (2001), Meggers et al (2002), Nakamura (2001), Olson e Strom (2002), Parsons et al (1999), Romero et al (2001), Sano (2003), Tomaru et al (2002), Trick et al (2002) e Widdicombe et al (2002)	262,14
<i>Nitzschia acicularis</i>	Barille et al (2003), Cik et al (2003), Cognie e Barille (1999), Griffith et al (2002), Leland e Porter (2000), Leland et al (2001) e Lung'Ayia et al (2000)	514,75

TABELA 4.65 (continuação): Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Bacillariophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
<i>Nitzschia amphibia</i>	Cooper et al (1999), Cremer et al (2001), Haberyan et al (1997), Leland et al (2001), Mercado (2003), Pan et al (2000), Van De Vijver et al (2003)	225,00
<i>Nitzschia cf. fruticosa</i>	Kaczmarska e Fryxell (1996), Marker e Collett (1997) e Wen e Chen (2001)	244,80
<i>Nitzschia frustulum</i>	Blinn e Bailey (2001), Smith e Underwood (2000), Lee et al (1995), Monteiro et al (1995), Marker e Collett (1997), Wen e Chen (2001) e Kaczmarska e Fryxell (1996)	373,53
<i>Nitzschia cf. intermedia</i>	Clavero et al (2000), Kuwabara (2001), Michelutti et al (2003), Stott et al (2002) e Tuji (2000)	105,27
<i>Nitzschia cf. lanceolata</i>	De Almeida e Gil (2001), Leland et al (2001) e Martínez De Fabricius et al (2003)	104,47
<i>Nitzschia linearis</i>	Fore e Grafe (2002), Leland e Porter (2000), Leland et al (2001), Lundholm et al (2000) e Lundholm et al (2003)	100,17
<i>Nitzschia cf. subacicularis</i>	Kaczmarska e Fryxell (1996), Marker e Collett (1997) e Wen e Chen (2001)	211,24
<i>Nitzschia constricta</i>	Gold et al (2003), Souza-Santos et al (1999) e Vrieling et al (2000)	102,48
<i>Nitzschia palea</i>	Arts e Rai (1997), Cooper et al (1999), Gell et al (2002), Gómez (1998), Leland et al (2001), Loez et al (1995), Marks e Power (2001), Mercado (2003), Pérès et al (1997), Sabater (2000), Sylvestre et al (2001) e Szabo et al (1998)	233,01
<i>Nitzschia gracilis</i>	De Almeida e Gil (2001), Fukami et al (1997), Louda et al (1998) e Mercado (2003)	263,40
<i>Nitzschia sigma</i>	Cho (2003), Dijkman et Al (1997) e Smith e Underwood (2000)	4335,75
<i>Pinnularia viridis</i>	Chiovitti et al (2003), Crawford et al (2001), Higgins et al (2003) e Ubom et al (2003)	97,03
<i>Pinnularia spp.</i>	Chiovitti et al (2003), Crawford et al (2001), Cremer et al (2001), De Almeida et al (2001), Doi et al (2003), Hirst et al (2002), Main (2002), Sabater et al (2003), Schmid (2000), Schmid (2003a), Schmid (2003b), Trick et al (2002), Ubom e Essien (2003) e Van de Vijver et al (2003)	97,41
<i>Pinnularia neomajor</i>	Bonny e Jones (2003), Chiovitti et al (2003), Crawford et al (2001), Cremer et al (2001), DeNicola (2000), Doi et al (2003), Gomez e Licursi (2003), Haberyan et al (1997), Higgins et al (2003), Higgins et al (2003), Hirst et al (2002), Lessmann et al (1999), Main (2002), Sabater et al (2003), Schmid (2000), Schmid (2003a), Schmid (2003b), Trick et al (2002), Ubom e Essien (2003), Van De Vijver et al (2003), Verb e Vis (2000)	97,78
<i>Pinnularia maior var. subacuta</i>	Schmid (2003)	504,28
<i>Stauroneis cf. anceps</i>	Chiovitti et al (2003) e Spaulding et al (1996)	91,09
<i>Stauroneis sp1.</i>	Chiovitti et al (2003), Fulford-Smith e Sikes (1996) e Spaulding et al (1996)	341,56
<i>Stauroneis sp2.</i>	Spaulding (1997)	341,56
<i>Staurosira construens</i>	Chiovitti et al (2003), Cremer et al (2001) e Spaulding et al (1996)	90,04
<i>Surirella sp1.</i>	Albay e Akcaalan (2003), Lange e Tiffany (2002) e Leland e Berkas (1998)	89,01
<i>Surirella ovata var. minuta</i>	Ghosh e Gaur (1998) e Smith e Underwood (2000)	1038,55

TABELA 4.65 (continuação): Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Bacillariophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
<i>Surirella guatemalensis</i>	Hirst et al (2002), Ledger e Hildrew (2001), Leland e Porter (2000), Main (2002) e Smith e Underwood (2000)	88,30
<i>Surirella tenera</i>	Almeida (2003), Garg e Bhaskar (2000), Ghosh e Gaur (1998), Lange e Tiffany (2002), Lapointe (2000), Leland e Berkas (1998), Main (2002), Smith e Underwood (2000) e Stoermer et al (1999)	3226,88
<i>Surirella</i> sp.2	Albay e Akcaalan (2003), Almeida (2003), Main (2002), Lange e Tiffany (2002), Garg e Bhaskar (2000), Smith e Underwood (2000), Lapointe (2000), Leland e Berkas (1998) e Ghosh e Gaur (1998)	86,90
<i>Surirella</i> sp.3	Fore e Grafe (2002), Gabellone et al (2001) e Wahab et al (1999)	384,65
<i>Synedra</i> sp1.	Peterson e Jones (2003), Martínez De Fabricius et al (2003), Medioli e Brooks (2003), Ruggiu (1998), Uysal (2002), Marks e Power (2001) e Nakagawa et al (2002)	84,86
<i>Synedra</i> sp2.	Peterson e Jones (2003), Martínez De Fabricius et al (2003), Medioli e Brooks (2003), Ruggiu (1998) e Nakagawa et al (2002)	84,86
<i>Synedra</i> sp3.	Medioli e Brooks (2003), Ruggiu (1998), Uysal (2002), Marks e Power (2001) e Nakagawa et al (2002)	662,47
<i>Synedra</i> sp4.	Peterson e Jones (2003), Martínez De Fabricius et al (2003), Medioli e Brooks (2003), Ruggiu (1998), Uysal (2002), Marks e Power (2001), Nakagawa et al (2002)	651,32
<i>Synedra</i> cf. <i>ulna</i>	Leland et al (2001), Mann et al (2003), Martínez De Fabricius et al (2003), Medioli e Brooks (2003), Millie et al (2002), Peterson e Jones (2003) e Townsend (2003)	4488,00
<i>Tryblionella levidensis</i>	Potapova e Charles (2002) e Leland et al (2001)	2410,65
<i>Tryblionella victoriae</i>	Gell et al (2002), Lange e Tiffany (2002), Oliveira et al (2002) e Stoermer et al (1999)	2394,78

TABELA 4.66: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Cyanophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
cyanofita	Aboal et al (2002), Boyer et al (2001), Correa et al (2000), Degermendzhy et al (2002), El-Dib et al (2000), El-Sheekh et al (2000), Favari et al (2002), Hindák (2000), Hongping e Jianyi (2002), Jaskowiak et al (2003), Kustka et al (2003), Lipkin e Silva (2002), Medvedeva (2001), Muñoz et al (2003), Orús et al (2001), Parker et al (2000), Payne et al (2001), Rodríguez-Buey e Orús (2001a), Rodríguez-Buey e Orús (2001b), Spalding (2000), Stirk et al (2002), Suda et al (1998), Williams e Moss (2003) e Zalocar de Domitrovic (2002)	85,58
<i>Anabaena</i> sp1.	Li et al (1998) e Torgan (1997)	102,96
<i>Anabaena</i> sp2.	Li et al (1998) e Torgan (1997)	102,96
<i>Anabaena circinalis</i>	Neilan et al (1994), Torgan (1997), Neilan et al (1995) e Shin et al (1997)	384,57
<i>Anabaena spiroides</i>	Torgan (1997), Neilan et al (1995) e Li et al (1998)	362,70
cf. <i>Aphanizomenon</i> sp1.	Neilan et al (1995), Li et al (1998) e Soma (1993)	77,88
cf. <i>Aphanizomenon</i> sp2.	Neilan et al (1995), Li et al (1998) e Soma (1993)	77,88

TABELA 4.66 (continuação): Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Cyanophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Neilan et al (1995), Li et al (1998) e Soma (1993)	50,26
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Berg et al (2000), Gabellone et al (2001), Leland (2001), Matveev (2003) e Richter et al (1999)	485,22
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	Kemka et al (2003), Quesada et al (2002), Pouvreau et al (1999) e Tryfon e Moustaka-Gouni (1997)	0,90
<i>Aphanocapsa nubilum</i>	Allen e Hawley (1983), Allen e Weathers (1980), Astier e Espardellier (1976), Bullerjahn et al (1985), Bullerjahn e Sherman (1986), Haselkorn e Rouviere-Yaniv (1976), Ihlenfeldt et al (1977), Kemka et al (2003), Kirkwood et al (2003), Pelroy et al (1976a), Pelroy et al (1976b), Quesada et al (2002), Raghukumar et al (2001), Sandmann e Malkin (1984), Schmidt et al (1989), Schmidt e Sandmann (1990), Tryfon e Moustaka-Gouni (1997) e Vazquez-Martinez et al (2002)	0,54
<i>Aphanocapsa roeseana</i>	Allen e Hutchison (1980), Astier e Espardellier (1976), Beauclerk e Smith (1978), Gobel (1978), Haselkorn e Rouviere-Yaniv (1976), Kemka et al (2003), Kirkwood et al (2003), Pelroy et al (1976), Quesada et al (2002), Tabita e Colletti (1979), Tryfon e Moustaka-Gouni (1997), Weathers e Allen (1978) e Weathers et al (1978)	454,92
<i>Aphanothece</i> sp.	Agrawal e Pal (2003), Bronstein et al (2000), Davis e Giordano (1995), De Hoyos e Comin (1999), Hibino et al (1999), Hori et al (1992), Incharoensakdi e Karnchanatat (2003), Incharoensakdi e Kitjahn (2002), Incharoensakdi et al (1986), Incharoensakdi e Waditee (2000), Incharoensakdi e Wutipraditkul (1999), Lee et al (1997), Leitao e Leglize (2000), Li et al (2001), Mitrovic et al (2003), Ono et al (2001), Pavlova et al (1998), Searle et al (1996), Stolz (1990), Tsukihara et al (1990), Wacker e Von Elert (2003), Waditee et al (2001) Waditee e Incharoensakdi (2001) e Waditee et al (2003)	447,80
<i>Chroococcus minor</i>	Agrawal e Pal (2003), Bellinzoni et al (2003), Fischer et al (1997), Kirkwood et al (2001), Komarkova e Tavera (2003), McCormick et al (1997) e Wen e Zhi-Hui (1999)	8,87
<i>Chroococcus minutus</i>	Bellinzoni et al (2003), Fischer et al (1997), Kirkwood et al (2001), Komarkova e Tavera (2003), McCormick et al (1997), Rezanka et al (2003) e Wen e Zhi-Hui (1999)	83,45
<i>Chroococcus limneticus</i>	Agrawal e Pal (2003), Bellinzoni et al (2003), Fischer et al (1997), GEITLER (1958), Kirkwood et al (2001), Komarkova e Tavera (2003), McCormick et al (1997), Rezanka et al (2003), Sheridan e Simms (1975) e Wen e Zhi-Hui (1999)	129,30
<i>Coelosphaerium</i> sp.	Bettez et al (2002), Carrias et al (1998), Leitao e Leglize (2000), Perkins e Underwood (2002) e Premazzi et al (2003)	104,94
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>	Carrias et al (1998), Leitao e Leglize (2000), Perkins e Underwood (2002) e Premazzi et al (2003)	443,55
<i>Cyanodiction imperfectum</i>	Torgan (1997)	0,52
<i>Cyanodiction reticulatum</i>	Torgan (1997)	0,93
<i>Gloeocapsa</i> cf. <i>kuetzingiana</i>	Bonny e Jones (2003), Erokhina et al (2002), Phillips e Fawley (2002), Rascher et al (2003), Sheremetieva et al (2002), Troshina et al (2002) e Vignais et al (2002)	91,53

TABELA 4.66 (continuação): Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Cyanophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
cf. <i>Gloeocapsa</i>	Bonny e Jones (2003), Erokhina et al (2002), Phillips e Fawley (2002), Rascher et al (2003), Sheremetieva et al (2002), Troshina et al (2002) e Vignais et al (2002)	489,96
<i>Gomphosphaeria</i> sp.	Elliott et al (2001), Head et al (1999), King et al (2000) e Pizzolon et al (1999)	124,43
<i>Lyngbya</i> sp.	Burja et al (2002), Casamatta e Vis (2000), Chang et al (2002), Findlay et al (1999), Gerwick et al (2003), Gonzalez (2000), Havens et al (2003), Hu et al (2003), Kone e Teugels (2003), Luesch et al (2002), Luesch et al (2002a), Luesch et al (2002b), Lundgren et al (2003), Mercado (2003), Ohta et al (1998), Rossi et al (1997), Shamsudin (1999), Shimizu (2003), Sinha e Haeder (2002), Tolomeyev (2002), Ubom e Essien (2003), Walker e Higginbotham (2000), Yin et al (1997), Yokokawa et al (2002) e Zotina et al (1999)	234,31
<i>Merismopedia tenuissima</i>	Coles e Jones (2000), De Hoyos e Comin (1999), Garcia-Pichel et al (2002), LeBreton et al (2000), Lepisto e Rosenstrom (1998), Turker et al (2003) e Unni e Pawar (2000)	0,79
<i>Microcystis aeruginosa</i>	Agrawal et al (2001), Alva-Martinez et al (2001), Best et al (2003), Bittencourt-Oliveira et al (2001), Bonnet e Poulin (2002), Burkert et al (2001), Ishida et al (2002), Jang et al (2003), Johnston e Jacoby (2003), Li et al (2003), Mohamed (2001), Pires e Van Donk (2002), Pires et al (2003), Pokorny e Hauser (2002), Pradhan e Rai (2001), Qiu e Gao (2002), Saito et al (2002), Tsujimura (2003), Tsujimura et al (2000), Vardi et al (2002), Xie et al (2003), Xie et al (2003)	10,13
<i>Microcystis</i> cf. <i>minutissima</i>	Bittencourt-Oliveira (2003), Brookes e Ganf (2001), Brunberg e Blomqvist (2003), Ferrao-Filho et al (2000), Ferrao-Filho et al (2003), Genoni et al (2001), Haider et al (2003), Hehmann et al (2002), Hullebusch et al (2002), Jeong et al (2003), Kamjunke e Mehner (2001), Kamjunke et al (2002), Lauren-Maatta et al (1997), Litvaitis (2002), Lurling e Verschoor (2003), Nandini e Rao (1997), Nandini (2000), Orr et al (2003), Otsuka et al (1999), Oudra et al (2002), Pradhan e Rai (2001), Saito et al (2003), Visser et al (1997), Welker et al (2003) e Zimba et al (2001)	151,67
<i>Oscillatoria</i> sp.	Bel'kova et al (2002), Bonny e Jones (2003a), Bonny e Jones (2003b), Burgi e Stadelmann (2002), Casamatta e Vis (2000), Coles e Jones (2000), Divakaran e Pillai (2002), Gulati et al (2001), Hambright et al (2001), Jahan et al (2001), Kebede-westhead et al (2003), Kisand et al (1998), Kumar Saha et al (2003), Leland et al (2001), Liu et al (2003), Mercado (2003), Mohamed (2002), Parodi e De Cao (2002a), Parodi e De Cao (2002b), Ray e Bagchi (2001), Rodrigo et al (2000), Thompson et al (2002), Ubom e Essien (2003), Walker e Higginbotham (2000), Yusoff et al (2002)	373,65
<i>Planktolyngbya contorta</i>	Hunt et al (2003), Johansen (2003), Lung'Ayia et al (2000), McGregor e Fabbro (2000) e Xenopoulos e Frost (2003)	320,25
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	Albay e Akcaalan (2003), McGregor e Fabbro (2000), Kisand et al (1998), Xenopoulos e Frost (2003) e Nöges et al (2003)	5,50
cf. <i>Pseudoanabaena</i>	Cattaneo et al (1998), Goto-Seki et al (1999), Palinska e Krumbein (2000), Penno et al (2000), Staal et al (2003)	429,08

TABELA 4.67: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Chlorophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	Arhonditsis et al (2003), Baer e Goulden (1998), Davila-Aponte et al (1991), De Wachter et al (1992), Gardner et al (1997), Huss e Sogin (1990), Juneau et al (2001), Kuck (1989), Macedo e Pinto-Coelho (2001), Martinez-Tabche et al (1995), Martinez-Tabche et al (1994), Martinez-Tabche et al (1991), Nayak et al (1996), Nishida et al (1993), Pechurkin et al (1999), Ramalho et al (1995), Todd et al (2002), Van Hannen et al (1999) e Warshawsky et al (1995)	291,71
clorofita1	Krylova et al (2003) e Torgan (1997)	79,26
clorofita2	An et al (1999), Turmel et al (2002), Eterovick (2000), Stevens et al (2001), Torres (1999), Campbell et al (2000) e Neher et al (2003)	354,51
<i>Closteriopsis acicularis</i>	Krienitz et al (2001)	81,24
<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>	Gervais et al (2003), Hambright et al (2001) e Premazzi et al (2003)	173,97
<i>Closterium parvulum</i>	Leland et al (2001)	1127,69
<i>Crucigeniella apiculata</i>	-	14,53
<i>Crucigeniella crucifera</i>	-	92,46
<i>Golenkinia ciliata</i>	-	17,09
<i>Kirchneriella</i> cf. <i>contorta</i> var. <i>elegans</i>	Dewaele et al (1998), Issa et al (1995), Krienitz et al (2001), Leland e Berkas (1998), Lombardi et al (2002) e Wen e Zhi-Hui (1999)	18,06
<i>Kirchneriella arcuata</i>	Gabellone et al (2001), Krienitz et al (2001), Lombardi et al (2002) e Takamura et al (2003)	103,26
<i>Kirchneriella incurvata</i>	Gabellone et al (2001), Krienitz et al (2001), Lombardi et al (2002) e Takamura et al (2003)	21,11
<i>Kirchneriella irregularis</i>	Krienitz et al (2001), Gabellone et al (2001) e Takamura et al (2003)	42,11
<i>Kirchneriella obesa</i>	Gabellone et al (2001)	43,83
<i>Lagerheimia ciliata</i>	Gabellone et al (2001)	314,63
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	Mitchell e Richmond (1987) e De La Rosa et al (2001)	23,80
<i>Monoraphidium contortum</i>	Moss et al (2003), Gabellone et al (2001) e Takamura et al (2003)	15,87
<i>Monoraphidium griffithi</i>	Mitchell e Richmond (1987), De La Rosa et al (2001)	91,83
<i>Monoraphidium irregulare</i>	Moss et al (2003) e Pagano et al (2003)	42,93
<i>Monoraphidium minutum</i>	Mitchell e Richmond (1987), De La Rosa et al (2001), Mohr e Adrian (2002), Mohr et al (2002), Zalocar de Domitrovic (2002), Oliva et al (2001), Brown (1996), Krienitz et al (2001) e Gabellone et al (2001)	33,07
<i>Monoraphidium tortile</i>	Mitchell e Richmond (1987), De La Rosa et al (2001), Train e Rodrigues (1997)	11,77

TABELA 4.67 (continuação): Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Chlorophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
<i>Mougeotia sp.</i>	Albay e Akçaalan (2003), Anneville et al (2002), Arancibia-Avila et al (2000), Gabrys et al (1997), Guasch et al (2002), Pillsbury e Lowe (1999), Salmaso (2000), Salmaso (2003), Sluiman (2000), Stabenau et al (2003), Verb et al (2001) e Winands e Wagner (1996)	139,08
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>duplex</i>	Gabellone et al (2001), Gilson e McFadden (1999), McManus e Lewis (2002), McManus e Lewis (2003) e Hoham et al (2002)	169,63
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracillimum</i>	Berman e Chava (1999), Khan (1998), Marret et al (2001) e McManus e Lewis (2002)	39,72
<i>Pediastrum simplex</i>	McManus e Lewis (2002) e Lung'Ayia et al (2000)	98,79
<i>Oocystis lacustris</i>	Wen e Zhi-Hui (1999) e Lopez-Llorca e Hernandez (1996)	264,47
<i>Scenedesmus</i> spp.	Davis e Walsby (2002), González (2000), Kaebnick et al (2001), Leland et al (2001), Naselli-Flores e Barone (2000), PARK et al (2002), Raven e Girard-Bascou (2001), Schrank e Mahmoud (2000), Tripathi et al (2001), Walker e Higginbotham (2000) e Wen e Zhi-hui (1999)	45,25
<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>acuminatus</i>	Adamsson (2000), Batjakas et al (1997), Dijkman et al (1997), Dzhabazov et al (2003), Gabellone et al (2001), Kraak et al (1997), Ovie e Egborge (2002), Takeda (1996), Van Hannen et al (2000) e Wen e Zhi-hui (1999)	95,75
<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>minor</i>	Adamsson (2000), Batjakas et al (1997), Dijkman et al (1997), Gabellone et al (2001), Kraak et al (1997), Ovie e Egborge (2002), Takeda (1996), Van Hannen et al (2000) e Wen e Zhi-hui (1999)	21,01
<i>Scenedesmus communis</i>	Allard e Templier (2001), Allard e Templier (2000), Allard et al (2002), Allard et al (1998), Blokker et al (1998a), Blokker et al (1998b), Gerald e Boavida (1999), Gorenflo et al (1998), Knicker et al (2001), Krienitz et al (2001), Neill et al (2003) e Schouten et al (1998)	51,76
<i>Scenedesmus ecornis</i>	De Souza et al (1998), Domitrovic (2002), Flores-Burgos et al (2003), Kim e Keasling (2001), Olguin et al (2000), Pietsch et al (2001), Sabater e Carrasco (2001), Train e Rodrigues (1997), Waringer-Löschenkohl e Schagerl (2001) e Xi et al (2001)	18,10
<i>Scenedesmus intermedius</i>	Capolino (1997), Gabellone et al (2001), Mazur (2001), Omar (2002) e Ovie e Egborge (2002)	21,88
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>ovalternus</i>	Adam et al (2002), Geoffroy et al (2002), Gorbí et al (2001), Kessler et al (1997), Lesser et al (2002), Ma et al (2002), Omar (2002a), Omar (2002b), Ovie e Egborge (2002) e Randhawa et al (2001)	94,75

TABELA 4.67 (continuação): Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Chlorophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Ahmad et al (2001), Cecal et al (2002), Gin et al (2002), Grabinska-Sota e Kalka (2003), Guanzon Jr e Nakahara (2002), Hondzo e Lyn (1999), Koblížek et al (2001), Küpper et al (2002), Lei et al (2003), Omar (2002a), Omar (2002b), Pinto et al (2002), Radway et al (2001a), Radway et al (2001b) e Tadesse et al (2003)	111,04
<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>parvus</i>	Bisova et al (2000), Chen (2001), DellaGreca et al (1997), DellaGreca et al (1996), Fargasova et al (1999), Fargasova (1998), Fargasova (1997), Kuwata e Miyazaki (2000), Omar (2002a), Omar (2002), Prokhotskaya et al (2000) e Wong (2000)	61,54
<i>Schroederia setigera</i>	Belt et al (2003), Belt et al (2002), Buchheim et al (2001), Damste et al (2000) e Jones et al (2002)	698,97
<i>Sphaerocystis planctonica</i>	Edgar e Andersen (2003), Elliott et al (2001), Litchman (2000), Litchman et al (2003) e Sommer et al (2001)	66,06
<i>Spyrogira</i> sp.	Ferreira (2001)	68,40
<i>Tetrastrum elegans</i>	Padisák et al (2003a)	5,54
<i>Tetrastrum glabrum</i>	Kanetsuna (2002) e Padisák et al (2003a)	17,63
<i>Tetrastrum triacanthum</i>	Padisák et al (2003)	113,60
<i>Tetrastrum triangulare</i>	Padisák et al (2003)	13,74
<i>Tetraedron trigonum</i>	Allard et al (2002), Allard e Templier (2000), Allard e Templier (2001), Blokker et al (2000), Blokker et al (1998), Blokker et al (1998), Goslar et al (1999), Schouten et al (1998), Turker et al (2003) e Van Hunnik e Sültemeyer (2002)	47,13

TABELA 4.68: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Cryptophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
<i>Chroomonas acuta</i>	Wen e Zhi-Hui (1999)	125,35
<i>Cryptomonas erosa</i>	Camacho et al (2001); Wiltshire et al (2000); Plante e Arts (2000); Gladyshev et al (1999); Stelzer (1998) e Plante e Arts (1998)	1686,01
<i>Cryptomonas marsonii</i>	Camacho et al (2001); Gervais (1998); Giroldo e Vieira (2002); Gladyshev et al (1999); Hansen (2000); Hoef-Emden e Melkonian (2003); De Lange e Van Donk (1997); Mohr e Adrian (2002); Picard e Lair (2000) e von Elert e Stampfl (2000)	500,91
<i>Cryptomonas pyrenoidifera</i>	Javornicky (2003); De Lange e Van Reeuwijk (2003); De Lange e Van Donk (1997); Lurling e Van Donk (1997); Repka (1997) e Weers e Gulati (1997)	137,91
Cryptofita gr.	Tang et al (2002), Rodrigo et al (2001), Novarino (2003), Barone e Naselli-Flores (2003), Zalocar de Domitrovic (2002), Hongping e Jianyi (2002), Lessmann et al (2000), Clay et al (1999) e Wellmann et al (1998)	94,86

TABELA 4.69: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Dinophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
Dinofita pq.	Botes et al (2002), Head et al (2001), Tsvetnenko (1998), Grigorszky et al (2003), Padišák et al (2003b) Orlova et al (2003), Chan e Hamilton (2001) e Takishita et al (2000)	143,18
<i>Gymnodinium</i> sp.	Hansen et al (2000), Hansen (2001), Jeong et al (1999), Jin Oh et al (2002), Takishita et al (1999), Yamamoto (2002), Yarnall et al (2000) e Yih e Coats (2000)	121,07
<i>Peridinium volzii</i>	Carty e Hall (2002), Graham et al (2002), Mudie e Aksu (2001), Mudie et al (2002), Parrow e Burkholder (2003) e Takamura et al (2003)	253,79
<i>Peridinium</i> sp2.	Carty (2000), Findlay et al (1999), Jenks e Gibbs (2000), Leblond e Chapman (2002) e Yarnall et al (2000)	98,46

TABELA 4.70: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Euglenophyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
<i>Euglena</i> sp.	Kingston (2000), Linton et al (2000), Nudelman et al (2003), Searles et al (2001) e Voncken et al (2002)	110,47
<i>Trachelomonas</i> sp.	Bertru (1975), Eskinazi-Sant'Anna et al (2002), GREEN (1963), Marin et al (2003), Milanowski et al (2001), Moreira et al (2001), Mullner et al (2001) e Votta et al (1971)	450,66
<i>Trachelomonas volvocina</i>	Ubom e Essien (2003)	80,89
<i>Strombomonas</i> sp.	Brown et al (2003), Shin et al (2002), Zimmermann et al (2000), Brosnan e Triemer (2003) e Nudelman et al (2003)	120,73

TABELA 4.71: Referências e valores médios de biovolume do fitoplâncton (Divisão *Crysohyta*), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume (μm^3)
<i>Dinobryon sertularia</i>	Clegg et al (2003a), Clegg et al (2003b), De Hoyos (1998), Leitão (2000), Lepisto e Rosenstrom (1998) e Tardio et al (2003)	21,20
<i>Mallomonas</i> sp.	Barbieri et al (2001), Daughjerg e Henriksen (2001), Goertzen e Theriot (2003), Hansson e Tranvik (1997), Lundholm et al (2003), e Mercado (2003)	127,96
<i>Salpingoeca</i> sp.	Auer e Arndt (2001), Orme et al (2001a) e Orme et al (2001b)	280,21

TABELA 4.72: Referências e valores médios de biovolume do zooplâncton (Reino Protista), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume x 10 ⁷ (µm ³)
<i>Codonella</i> sp.	Curds et al (1983)	5,29
<i>Tintinnidium</i> sp1.	Foissner e Helmut (1996) e Foissner e Wilbert (1979)	2,39
<i>Tintinnidium</i> sp2.	Curds et al (1983)	2,33
<i>Tintinnopsis</i> sp1.	Gaughan e Potter (1995), Godhantaraman (2002), Sorokin e Sorokin (1996), Zhang e Wang (2000)	2,64
<i>Tintinnopsis</i> sp2.	Pace et al (1998), Godhantaraman (2002), Zhang e Wang (2000), Sorokin e Sorokin (1996) e Gaughan e Potter (1995)	5,00
<i>Vorticella microstoma</i>	Levin et al (1977)	5,65
<i>Vorticella</i> pq.	Edmondson et al (1959)	3,96
<i>Arcella bathystoma</i>	D'Onofrio et al (2003) e Gabellone et al (2001)	5,13
<i>Arcella conica</i>	D'Onofrio et al (2003), Gomes e Godinho (2003), Mediola e Brooks (2003), Rakhleeva (2002), Burbidge e Schröder-Adams (1998), Foekema et al (1998) e Monteiro et al (1995)	6,55
<i>Arcella cf. discoides</i>	Chardez e Gaspar (1982), Kudo (1954), Edmondson et al (1959) e Chardez (1985)	6,68
<i>Arcella gibbosa</i>	Green (1975)	6,74
<i>Arcella cf. hemisphaerica</i>	Van Oye (1959)	5,24
<i>Arcella polypora</i>	Edmondson et al (1959)	4,67
<i>Arcella cf. rotundata</i>	Mediola e Brooks (2003), Rakhleeva (2002) e Burbidge e Schröder-Adams (1998)	6,10
<i>Arcella cf. vulgaris</i>	Kudo (1954) e Edmondson et al (1959)	5,25
<i>Centropyxis aculeata</i>	Kudo (1954), Chardez (1986) e Golemansky (1968)	5,55
<i>Centropyxis aculeata</i> pq.	Van Oye (1958)	5,27
<i>Centropyxis aculeata</i> var. <i>ecornis</i>	Lena (1982)	3,55
<i>Centropyxis aculeata</i> var. <i>oblonga</i>	Chardez (1970) e Chardez (1980)	5,56
<i>Centropyxis cf. arcelloides</i>	Edmondson et al (1959)	6,10
<i>Centropyxis cf. cassis</i>	Mediola e Brooks (2003), Rakhleeva (2002), Torigai et al (2000) e Burbidge e Schröder-Adams (1998)	4,04
<i>Centropyxis cf. constricta</i>	Van Oye (1951)	5,40
<i>Centropyxis minuta</i>	Mediola e Brooks (2003), Rakhleeva (2002), Torigai et al (2000) e Burbidge e Schröder-Adams (1998)	5,40
<i>Centropyxis cf. orbicularis</i>	Schonborn (1975) e Schonborn (1966)	5,23
<i>cf. Corythion</i>	Schonborn e Peschke (1988)	3,83
<i>cf. Curcubitella</i>	Kudo (1954) e Edmondson et al (1959)	1,80
<i>Cyphoderia trochus</i>	Garstecki et al (2000)	4,94
<i>Cyphoderia trochus</i> pq.	Garstecki et al (2000)	5,00
<i>Diffflugia acuminata</i>	Wahab et al (1999) e Gabellone et al (2001)	5,28
<i>Diffflugia acuminata</i> pq.	Wahab et al (1999) e Gabellone et al (2001)	4,48
<i>Diffflugia cf. avellana</i>	Schonborn (1967)	4,40
<i>Diffflugia cf. bryophila</i>	Chardez e Gaspar (1982), Chardez (1985) e Bonnet (1985)	2,98
<i>Diffflugia acutissima</i>	Chardez (1987), Ogden e Fairman (1979) e Ogden (1979)	2,70

TABELA 4.72 (continuação): Referências e valores médios de biovolume do zooplâncton (Reino Protista), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume x 10 ⁷ (µm ³)
<i>Diffflugia claviformis</i>	Chardez (1987), Ogden e Fairman (1979) e Ogden (1979)	2,70
<i>Diffflugia claviformis</i> pq.	Chardez (1987)	2,68
<i>Diffflugia</i> cf. <i>compressa</i> var. <i>africana</i>	Wahab et al (1999) e Gabellone et al (2001)	3,03
<i>Diffflugia elegans</i>	Wahab et al (1999) e Gabellone et al (2001)	4,91
<i>Diffflugia</i> cf. <i>globularis</i>	Green (1975)	4,99
<i>Diffflugia</i> cf. <i>globulosa</i>	Trappeniers et al (1999)	7,00
<i>Diffflugia gramen</i>	Ogden e Fairman (1979), Ogden (1979) e Chardez et al (1989)	4,83
<i>Diffflugia</i> cf. <i>gramen</i> var. <i>caudata</i>	Wahab et al (1999) e Gabellone et al (2001)	4,75
<i>Diffflugia</i> cf. <i>lanceolata</i>	Beyens e Chardez (1984), Schonborn (1965) e Chardez et al (1989)	2,78
<i>Diffflugia</i> cf. <i>longicollis</i>	Trappeniers et al (1999), Tsugeki et al (2003), Kumar e Patterson (2003)	4,75
<i>Diffflugia</i> cf. <i>mammilaris</i> var. <i>oranensis</i>	Burbidge e Schröder-Adams (1998), Foekema et al (1998), Mediola e Brooks (2003), Schnitchen et al (2003) e Torigai et al (2000)	2,84
<i>Diffflugia</i> cf. <i>manicata</i>	Torigai et al (2000), Burbidge e Schröder-Adams (1998) e Mediola e Brooks (2003)	4,75
<i>Diffflugia oblonga</i>	Kobayashi et al (1998)	4,80
<i>Diffflugia</i> cf. <i>oblonga</i> var. <i>incondita</i>	Van Oye (1959)	4,60
<i>Diffflugia oviformis</i>	Pejler e Berzins (1993)	4,62
<i>Diffflugia</i> cf. <i>pyriformis</i>	Ogden (1980); Chardez e Gaspar (1982), Beyens e Chardez (1984) e Chardez (1987)	4,94
<i>Diffflugia</i> cf. <i>sarissa</i>	Schnitchen (2003) e Mediola e Brooks (2003)	3,65
<i>Diffflugia tuberculata</i> var. <i>minor</i>	Burbidge e Schröder-Adams (1998), Foekema et al (1998), Mediola e Brooks (2003), Schnitchen et al (2003) e Torigai et al (2000)	3,09
<i>Diffflugia</i> cf. <i>urceolata</i>	Schnitchen et al (2003)	4,75
<i>Euglypha filifera</i>	Edmondson et al (1959)	2,80
<i>Euglypha filifera</i> sp2.	Grospletsch (1958)	4,60
<i>Euglypha tuberculata</i>	Grospletsch (1958)	4,57
<i>Hoogenraadia</i> sp.	Green (1975)	7,03
<i>Hyalosphenia subflava</i>	Schnitchen et al (2003), Schmidt et al (2001)	2,35
<i>Lesquereusia modesta</i>	Donner (1978)	3,47
<i>Lesquereusia spiralis</i>	Chardez e Gaspar (1982), Edmondson et al (1959), Schonborn (1965) e Hoogenraad e De Groot (1979)	4,11
cf. <i>Lesquereusia</i>	Schonborn (1966), Hoogenraad e De Groot (1979) e Chardez et al (1989)	4,11
<i>Nebela</i> cf. <i>griseola</i>	Van de Vijver e Beyens (1999), Wilkinson (2001), Searles et al (2001), Searles et al (1999) e Schröter et al (2003)	4,70

TABELA 4.72 (continuação): Referências e valores médios de biovolume do zooplâncton (Reino Protista), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume x 10 ⁷ (µm ³)
<i>Nebela</i> sp1.	Van de Vijver e Beyens (1999), Wilkinson (2001), Searles et al (2001), Searles et al (1999) e Schröter et al (2003)	2,45
<i>Nebela</i> sp2.	Bonnet (1975) e Bonnet (1976)	2,45
<i>Phryganella</i> cf. <i>paradoxa</i>	Vergeiner et al (1985) e Bonnet (1973)	3,07
<i>Pontigulasia</i> cf. <i>compressa</i>	Ogden e Fairman (1979) e Chardez e Gaspar (1982)	4,65
<i>Pontigulasia</i> cf. <i>elisa</i>	Ogden e Fairman (1979)	4,65
<i>Pontigulasia</i> sp.	Ogden e Fairman (1979) e Chardez e Gaspar (1982)	4,65
<i>Pseudodifflugia gracilis</i>	Chardez e Gaspar (1982) e Ogden e Fairman (1979)	5,40
<i>Trinema</i> sp.	Garstecki e Wickham (2003)	1,70
<i>Trygonopyxis</i> sp.	Kudo (1954)	3,50
<i>Difflugia</i> sp1.	Wahab et al (1999) e Gabellone et al (2001)	2,66
<i>Difflugia</i> sp2.	Schnitchen et al (2003), Mediolli e Brooks (2003), Torigai et al (2000), Burbidge e Schröder-Adams (1998) e Foekema et al (1998)	2,66
<i>Difflugia</i> sp3.	Schonborn (1965)	2,66
<i>Difflugia</i> sp4.	Chardez et al (1989)	2,66
cf. Heliozoa	Kudo (1954)	5,18

TABELA 4.73: Referências e valores médios de biovolume do zooplâncton (Reino Rotifera), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume x 10 ⁷ (µm ³)
<i>Conochilus unicornis</i>	Duggan et al (2002), Nogueira (2001), Virro (2001), Armengol et al (2001), Uzwiak e Triemer (2000) e Swadling et al (2000)	0,08
<i>Euchlanis dilatata</i>	Sarma e Nandini (2002), Duggan et al (2001), Kotikova et al (2001), May e Bass (1998) Snell (1998) e Nandini et al (2002)	3,00
<i>Euchlanis</i> sp.	Sarma e Nandini (2002), Duggan et al (2001), Kotikova et al (2001), May e Bass (1998) e Sakuma et al (2002)	2,90
<i>Filina longiseta-terminalis</i>	Green (1975) e Blackmore et al (2003)	4,54
<i>Hexarthra</i> cf. <i>intermedia intermedia</i>	Armengol et al (1998), Cruz-Pizarro et al (1998), Duggan et al (2002), Gilbert e Hampton (2001), Green (2003), Hampton e Gilbert (2001), Hampton e Starkweather (1998), Iyer e Rao (1996), Jellison et al (2001), Kak e Rao (1998), Nandini (2000), Nandini e Rao (1997), Pati e Belmonte (2003), Pereira et al (2002), Rao e Kumar (2002), Sarma et al (2002), Wen e Zhi-Hui (1999) e Zotina et al (1999)	2,37
<i>Hexarthra</i> cf. <i>intermedia braziliensis</i>	Iyer e Rao (1996), Branco et al (2002), Duggan et al (2002), Nandini et al (2003)	2,37
<i>Keratella cochlearis</i>	Kingston (2000), Linton et al (2000), Nudelman et al (2003), Searles et al (2001) e Voncken et al (2002)	0,08

TABELA 4.73 (continuação): Referências e valores médios de biovolume do zooplâncton (Reino Rotifera), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume x 10 ⁷ (µm ³)
<i>Keratella americana</i>	Branco et al (2002), Nogueira (2001), Pace et al (1998), Rico-Martínez (1997) e Segers (2001)	0,08
<i>Keratella tropica</i>	Wanner (1988), Branco et al (2002), Duggan et al (2002), Gabellone et al (2001), Maia-Barbosa et al (2003), Snell e Serra (1998) e Wiackowski e Staronska (1999)	0,08
<i>Lecane cf. luna</i>	Segers (1993), Pérez-Legaspi e Rico-Martínez (2001) e Pérez-legaspi e Rico-martínez (1998)	4,74
<i>Lecane leontina</i>	Jenkins e Underwood (1998)	4,74
<i>Lecane (Monostyla) lunaris</i>	Minoru (1964), Duggan et al (2001), Gong et al (2002), Segers e Rico-Martínez (2000), Snell e Serra (1998), Duggan et al (2001)	4.65
<i>cf. Lecane sp.</i>	Chittapun et al (2003), Duggan et al (2001), García et al (2003), Koste (2000), Lazzaro et al (2003), Lecane et al (2003), Pagano et al (2003), Sanoamuang e Savatnalinton (1999), Sanoamuang e Savatnalinton (2001), Segers e Rico-Martínez (2000), Sørensen (2002), Van den Brink et al (2000) e Velázquez-Rojas et al (2002)	2,51
<i>Lepadella cf. minuta</i>	Segers e De Meester (1994), Baribwegure e Segers (2001), Chittapun e Pholpunthin (2001), De Paggi (2001), Ejsmont-Karabin et al (2001), Green (2003), Holland e Jenkins (1998), Nandini e Sarma (2001), Sanoamuang (1998), Sanoamuang e Savatnalinton (1999), Sanoamuang e Savatnalinton (2001), Sugiura (1996) e Turner e Taylor (1998)	5,80
<i>Ploesoma truncatum</i>	Patoine et al (2002)	2,42
<i>Polyarthra spp.</i>	Aka et al (2000), Brock et al (1992), Cordova et al (2001), Kim et al (2001), Kuczynski (1987), Lin et al (2003), Neves et al (2003), Ooms-Wilms et al (1999), Pereira et al (2002), Sampaio et al (2002), Shao et al (2001), Thorp e Casper (2003) e Thorp e Casper (2002)	0,06
<i>Pompholix complanata</i>	De Ridder (1985)	6,78
<i>Trichocerca capuccina</i>	Holst et al (2002), Lin et al (2003), McDaniel e Snell (1999), Ramírez García et al (2002) e Telesh et al (1998)	3,66
<i>Trichocerca similis</i>	Devetter (1998), Holst et al (2002), Keller e Yan (1998), Lin et al (2003), McDaniel e Snell (1999), Ramírez García et al (2002) e Shao et al (2001)	3,56
<i>Trichocerca cf. bidens</i>	Duggan et al (2001)	3,63
<i>Trichocerca cylindrica</i>	Ghadouani et al (1998), Holst et al (2002), Lazzaro et al (2003), Lin et al (2003), McDaniel e Snell (1999), Patoine et al (2002), Takamura et al (2003)	3,59
rotífero contraído	Koste (2000)	3,96
larva ROTIFERA	Assavaaree et al (2001), Assavaaree et al (2003), García et al (2003), Gill e Morgan (2003), Kristensen e Funch (2000), Mann et al (1997), Nandini e Sarma (2000), Obst e Funch (2003) e Parmanne e Lindström (2003)	4,50

TABELA 4.74: Referências e valores médios de biovolume do zooplâncton (Filo Arthropoda – Cladocera), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume x 10 ⁷ (µm ³)
<i>Alona cf. Rustica</i>	Kaminski (1976); Wakseng e Schartau (2001); Sinev (2001); Hann e Turner (1999) e Silfverberg (1999)	2,81
<i>Bosmina cf. huaronensis</i>	Chang e Hanazato (2003), De Lange e Lüring (2003), Espindola et al (2000), Gilbert e Schröder (2003), Jeppesen et al (2003), Cerbin et al (2003), Kappes e Sinsch (2002), Kappes e Sinsch (2002), Keckeis et al (2003), Kone e Teugels (2003), Rikardsen et al (2002), Sarmaja-Korjonen (2002), Schmidt et al (2002) e Vandysh (2002).	2,00
<i>Bosmina longirostris</i>	Chang e Hanazato (2003), Kappes e Sinsch (2002a), Kappes e Sinsch (2002b), Kim et al (2001), Laxson et al (2003) e Lin et al (2003)	2,00
<i>Bosmina hagmanni</i>	Rossi (2001)	2,00
<i>Bosmina sp.</i>	Liljendahl-Nurminen et al (2002), Hann e Turner (2000), Sommer e Herwig (2002), Maia-Barbosa et al (2003), Pinto-Coelho (1998), Hjelm e Persson (2001), Pagano et al (2003) e Thorp e Casper (2002)	2,00
<i>Bosminopsis deitersi</i>	Nogueira (2001), Branco et al (2000), Mandima (1999) e Kotov (1997)	3,79
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	Cassano et al (2002), Crispim (2001), Ferrão-Filho e Azevedo (2003), Kak e Rao (1998), Kumar e Rao (2003), Mandima (1999), Nandini (2000a), Nandini (2000b), Nandini (1997) e Rao e Kumar (2002)	3,00
<i>Daphnia ambigua</i>	Boronat et al (2001), Bos e Cumming (2003), Bungartz e Branstrator (2003), Burns (2000), Chang e Hanazato (2003), East et al (1999), Havens et al (1996), Havens et al (2000), Martinez e Medel (2002), Michels et al (2001), Platt e Spitze (2000) e Saunders et al (1999)	18,50
<i>Daphnia gessneri</i>	Ferrao-Filho et al (2003a), Ferrao-Filho et al (2003b), Pinto-Coelho (1998)	18,50
<i>Daphnia laevis</i>	Brendonck et al (2003), Burns (2000), Lindholm (2002), Nandini e Sarma (2003), Nandini et al (2000), Pinto-Coelho (1998) e Sarma et al (2002)	18,50
<i>Diaphanosoma cf. brachyurum</i>	Cerbin et al (2003), Edberg (2001), Jensen (2001), Kotov (1998), Lin et al (2003), Lu et al (2002), Nandini e Sarma (2003), Peterka et al (2003) e Yufeng (1998)	4,75
<i>Kurzia cf. latissima</i>	Carafa et al (2003), Cooper et al (2001) e Hudec (2000)	2,53
<i>Macrothrix cf. spinosa</i>	García et al (2003), Güntzel et al (2003), Kotov (1999), Nandini et al (2002), Sanoamuang (1997) e Silva-Briano (1999)	22,00
<i>Moina minuta</i>	Crispim (2001), Flores-Burgos et al (2003), Kumar e Rao (2003), Lin et al (2003), Martinez-Tabche et al (1997), Nandini e Sarma (2002), Nandini et al (2002), Nogueira (2001), Tang et al (2002) e Vedrasco et al (2002)	5,22
cladóceros jovens	Cervantes-Martinez et al (2000) e Tyler et al (1998)	5,25

TABELA 4.75: Referências e valores médios de biovolume do zooplâncton (Filo Arthropoda – Copepoda), identificado na Lagoa Itapeva.

Espécie	Referências	Biovolume x 10 ⁷ (µm ³)
copepoditoCYCLO	-	6,88
<i>cf. Diacyclops</i>	Lapesa et al (2002), Laxson et al (2003), Adrian (1997), Thorp e Casper (2002), Hairston Jr. et al (2000)	9,00
<i>Mesocyclops meridianus</i>	Pinto-Coelho (1998)	9,00
<i>Mesocyclops longisetus</i>	Bonecker et al (2001), Calliari et al (2003), Wyngaard e Rasch (2000), Manrique-Saide et al (1998) e Velho et al (2001)	5,36
<i>Notodiaptomus incompositus</i>	Russell (1945), Bonecker et al (2001), Cicchino et al (2001) Matsumura-Tundisi e Tundisi (2003), Nogueira (2001), Paggi (2001), Panosso et al (2003) e Velho et al (2001)	5,00
Copepodito CALANO	Turki e Abed (1999)	2,19
HARPATICOIDA	Hsieh e Chiu (1997)	4,75
náuplio	Kudo (1954), Hoogenraad e De Groot (1979) e Ogden (1979)	2,46

Uma vez que o biovolume foi estimado, este foi convertido para biomassa, através da multiplicação por um fator de conversão (f). Como citado no item 3.2.5, foi feita uma pesquisa na literatura para avaliar que fatores utilizar. Segundo Austin (1991), um dos mais populares fatores, o qual tem sido bastante usado na literatura aquática, é 121 fgC.µm⁻³ (Watson et al (1977) mostra como foi obtido este valor através da densidade de microrganismos, peso seco e massa de carbono em peso seco). Entretanto, este fator é muito genérico e muitos autores vêm pesquisando novos valores, alguns mais específicos outros mais gerais, abrangendo grupos de indivíduos (Austin, 1991 e Hagström, 1984). Sterner (1997) coloca que não se deve mais utilizar valores genéricos para fito e zooplâncton visto que já esta comprovada a diferença significativa entre a concentração de carbono na biomassa de fito e zooplânctons.

Utilizando as informações obtidas nos trabalhos listados nas Tabelas 4.65 a 4.75, e também informações obtidas em Bakken e Olsen (1983), Bratbak e Dundas (1984) Bjørnsen (1986), Wetzel (1983), Fuhs et al (1972), Nauwerck (1963), Vollenweider (1969), Rigler (1961), Jacobsen e Comita (1966) e principalmente Wetzel e Linkens (2000), estimou-se valores médios para as divisões em estudo conforme a distribuição feita por Cardoso (2001). Estes fatores estão listados na Tabela 4.76.

TABELA 4.76: Fatores de conversão de biovolume para biomassa de carbono para os diferentes grupos de estudo e encontrados na Lagoa Itapeva.

	Grupo	Fator de conversão*
FITOPLÂNCTON	Divisão <i>Bacillariophyta</i>	216,0
	Divisão <i>Cyanophyta</i>	196,0
	Divisão <i>Chlorophyta</i>	107,0
	Divisão <i>Cryptophyta</i>	139,0
	Divisão <i>Dinophyta</i>	98,3
	Divisão <i>Euglenophyta</i>	87,0
	Divisão <i>Crysohyta</i>	87,0
ZOOPLÂNCTON	Reino Protista	1,5
	Filo Rotifera	5,0
	Filo Arthropoda - Cladocera	1,1
	Filo Arthropoda - Copepoda	1,1

*Fitoplâncton em fgC. μm^3 e zooplâncton em pgC. μm^3

Calculando então os valores de biomassa para cada indivíduo em cada ponto amostral, foi feita a soma destas biomassas e os resultados estão apresentados nas Tabelas 4.77, 4.78 e 4.79 para produtores primários (PP), consumidores primários (CP) e consumidores secundários (CS), conforme classificação descrita no item 3.2.5. Estas tabelas estão divididas nas estações do ano, horários de amostragem, localização da amostragem (superfície, meio ou fundo) e também na localização da amostragem (norte, centro ou sul).

As interpretações destas distribuições podem ser observadas nos trabalhos de Becker (2002) e Cardoso (2001), onde foram relatados os fatores de distribuição, classificação taxonômica e relação entre os fatores hidrodinâmicos da Lagoa Itapeva com a distribuição populacional de cada espécie ou grupo.

Contudo, poder-se-ia esperar uma grande variação dos dados observando somente os dados listados por Cardoso (2001), entretanto fazendo-se uma análise estatística monovariável dos dados de cada grupo (PP, CP e CS), isto não foi observado (Tabela 4.80).

TABELA 4.77: Valores totais de biomassa de carbono, referentes aos produtores primários, encontrados na Lagoa Itapeva nos diferentes pontos amostrais em estudo. Valores expressos em 10^{-8} mgC/ml

		PRIMAVERA			VERÃO			OUTONO			INVERNO		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
NORTE	6h	246,15	112,69	208,39	91,06	65,19	70,74	222,60	132,92	150,02	246,15	112,69	208,39
	10h	145,40	153,87	123,45	263,35	265,06	368,61	222,40	298,27	335,09	145,40	153,87	123,45
	14h	97,54	159,61	183,04	179,65	97,69	123,00	206,49	157,91	232,13	97,54	159,61	183,04
	18h	76,78	128,14	149,92	163,11	95,57	98,05	214,10	249,83	185,25	76,78	128,14	149,92
	6h	120,15	82,64	310,61	77,06	28,82	81,41	150,56	174,13	62,81	120,15	82,64	310,61
	10h	191,68	293,58	319,74	73,40	52,33	138,41	18,58	29,71	49,23	191,68	293,58	319,74
	14h	262,39	269,68	211,60	113,99	86,25	65,04	24,02	29,28	40,92	262,39	269,68	211,60
	18h	150,71	112,77	80,24	63,06	119,79	76,92	45,18	121,71	76,88	150,71	112,77	80,24
	6h	157,54	129,64	107,23	82,25	106,75	108,36	162,49	125,32	109,88	157,54	129,64	107,23
	10h	331,46	399,08	573,69	37,96	134,10	170,35	224,60	280,82	177,76	331,46	399,08	573,69
	14h	76,44	108,16	138,55	192,34	303,31	352,72	277,15	288,84	343,91	76,44	108,16	138,55
	18h	172,24	140,19	197,56	215,38	255,74	379,12	241,11	245,16	148,50	172,24	140,19	197,56
CENTRO	6h	251,82	80,91	88,68	77,03	54,20	66,51	34,57	91,67	96,96	251,82	80,91	88,68
	10h	151,28	155,33	124,83	75,65	67,38	116,54	82,26	89,87	66,47	151,28	155,33	124,83
	14h	137,09	36,27	71,71	78,10	49,04	52,08	67,20	81,10	91,79	137,09	36,27	71,71
	18h	58,21	155,25	117,40	53,97	73,21	99,34	45,31	86,38	59,55	58,21	155,25	117,40
	6h	91,72	63,02	104,38	125,41	63,00	127,24	106,21	100,60	60,61	91,72	63,02	104,38
	10h	199,80	196,96	103,01	107,32	246,01	202,82	56,47	47,46	76,83	199,80	196,96	103,01
	14h	112,08	62,04	88,22	162,33	120,22	134,27	87,04	61,88	111,44	112,08	62,04	88,22
	18h	45,22	86,46	59,53	138,36	157,87	164,36	96,23	47,87	39,03	45,22	86,46	59,53
	6h	70,84	113,05	88,17	86,03	82,97	120,68	41,02	73,84	44,10	70,84	113,05	88,17
	10h	47,54	89,56	110,59	217,34	353,23	159,99	22,88	74,12	67,26	47,54	89,56	110,59
	14h	102,80	112,60	124,28	122,03	134,21	198,63	91,36	107,81	84,32	102,80	112,60	124,28
	18h	122,05	57,17	84,02	176,22	98,98	114,03	88,97	82,68	91,14	122,05	57,17	84,02
SUL	6h	97,53	78,84	46,45	85,60	109,39	28,99	43,79	53,82	36,65	97,53	78,84	46,45
	10h	61,56	61,47	72,96	78,36	65,15	54,66	46,84	31,27	59,04	61,56	61,47	72,96
	14h	55,85	48,62	56,87	247,32	84,69	141,94	21,89	85,00	41,54	55,85	48,62	56,87
	18h	52,61	40,76	52,73	80,30	59,27	67,00	78,49	47,24	67,70	52,61	40,76	52,73
	6h	59,34	60,97	84,19	73,33	56,65	48,88	65,73	71,02	72,97	59,34	60,97	84,19
	10h	73,01	109,45	95,33	131,00	140,92	123,44	31,99	31,10	82,58	73,01	109,45	95,33
	14h	70,57	81,44	101,30	98,56	148,70	114,45	78,38	83,06	46,40	70,57	81,44	101,30
	18h	100,79	86,93	93,95	71,19	147,73	79,25	49,27	57,31	56,13	100,79	86,93	93,95
	6h	88,01	112,57	117,76	95,08	69,42	90,27	43,09	110,57	40,59	88,01	112,57	117,76
	10h	56,61	59,09	39,61	71,77	92,50	134,99	81,19	50,89	44,49	56,61	59,09	39,61
	14h	42,23	70,46	69,84	75,59	133,04	142,58	40,38	97,09	61,62	42,23	70,46	69,84
	18h	47,84	62,54	62,05	144,68	109,14	122,36	52,51	53,67	65,02	47,84	62,54	62,05

TABELA 4.78: Valores totais de biomassa de carbono, referentes aos consumidores primários, encontrados na Lagoa Itapeva nos diferentes pontos amostrais em estudo. Valores expressos em 10^{-7} mgC/ml

		PRIMAVERA			VERÃO			OUTONO			INVERNO		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
NORTE	6h	43,13	59,08	38,44	58,02	138,92	91,99	187,78	449,98	199,20	77,14	31,73	900,49
	10h	12,71	23,31	25,18	26,05	56,25	124,58	153,03	153,42	143,72	113,60	839,17	1475,43
	14h	25,96	40,92	21,43	242,91	274,22	303,66	267,53	416,16	282,22	50,65	56,26	151,75
	18h	16,45	35,39	28,11	182,10	318,16	125,28	190,34	150,17	107,40	24,59	32,90	29,07
	6h	35,41	107,71	86,85	156,48	214,68	203,38	25,39	27,42	30,40	18,95	16,97	24,81
	10h	92,09	67,53	202,80	168,92	177,86	142,99	19,13	33,13	28,09	24,29	21,83	41,44
	14h	114,81	139,89	159,54	141,62	114,13	120,36	16,18	46,33	28,52	15,89	18,73	32,98
	18h	82,74	65,53	153,78	89,66	131,69	92,30	28,11	36,05	33,88	17,72	19,19	28,64
	6h	7,88	60,41	35,82	80,31	31,97	42,95	47,59	30,50	35,37	22,77	20,13	28,18
	10h	38,05	119,30	20,70	75,83	209,61	140,56	45,30	57,78	71,52	28,69	22,73	12,44
	14h	15,66	32,58	23,11	89,70	145,76	134,99	35,64	51,90	42,52	26,94	27,50	88,82
	18h	35,34	30,93	27,19	173,28	117,50	79,89	37,99	40,82	34,06	14,60	19,00	28,45
CENTRO	6h	1,56	14,93	13,84	68,98	118,24	61,12	73,66	111,21	68,89	51,34	42,73	207,75
	10h	60,33	52,20	22,90	38,11	151,93	94,99	55,90	68,95	152,18	32,70	37,04	52,94
	14h	17,18	40,45	44,25	88,02	106,46	128,82	53,17	114,05	78,13	62,28	113,81	98,26
	18h	43,88	22,50	18,26	84,39	135,32	67,86	44,69	83,51	67,66	25,16	29,30	44,19
	6h	2,34	10,38	4,39	185,39	168,97	47,50	23,75	15,22	21,99	4,47	7,21	8,43
	10h	28,03	27,01	15,12	138,27	171,83	212,97	23,53	22,59	31,36	4,97	7,20	6,67
	14h	53,17	113,70	78,37	221,53	204,30	229,70	9,88	8,31	11,28	11,25	12,62	10,95
	18h	44,69	83,44	57,62	139,64	122,68	86,10	15,36	17,95	17,68	11,86	9,10	14,09
	6h	23,15	18,62	25,66	79,28	63,66	59,63	18,48	23,56	25,31	14,95	8,22	13,41
	10h	14,87	13,85	13,50	71,09	57,34	39,94	14,98	19,39	152,09	6,63	4,69	7,29
	14h	16,86	21,99	18,67	147,65	140,23	136,40	4,07	24,09	77,94	12,22	15,62	14,49
	18h	10,78	8,84	10,90	96,64	105,23	85,58	44,85	47,02	28,42	11,54	8,23	10,00
SUL	6h	42,50	55,03	42,59	119,49	140,34	116,09	11,31	6,90	624,04	10,67	12,87	10,30
	10h	40,91	21,06	15,90	108,88	93,28	77,23	3,66	5,11	7,52	14,70	14,61	14,25
	14h	39,09	42,02	21,85	30,87	42,50	30,37	6,81	8,43	10,62	15,41	14,39	13,12
	18h	14,43	14,89	20,26	59,99	71,74	65,55	24,95	7,93	16,29	11,31	11,11	10,53
	6h	27,94	24,14	36,60	125,22	92,29	95,97	12,66	10,95	15,49	12,18	11,65	24,77
	10h	29,41	48,79	72,82	122,92	73,01	83,27	27,91	16,85	8,49	20,22	19,53	25,42
	14h	33,47	43,93	44,92	138,97	83,07	19,35	13,04	12,93	8,33	11,16	13,17	11,21
	18h	45,02	44,95	48,64	263,92	109,87	71,86	12,53	2,09	11,67	9,55	11,10	7,42
	6h	10,27	13,80	1,71	32,95	55,65	61,44	8,28	9,46	11,38	9,29	10,23	10,37
	10h	388,77	184,24	139,28	58,89	65,02	64,81	9,50	9,32	6,11	11,18	7,42	11,28
	14h	8,41	8,58	5,70	83,46	71,33	77,46	21,75	16,53	15,27	12,75	10,04	16,05
	18h	8,81	6,84	11,50	62,18	97,32	38,67	14,93	19,68	9,70	62,62	39,79	35,43

TABELA 4.79: Valores totais de biomassa de carbono, referentes aos consumidores secundários, encontrados na Lagoa Itapeva nos diferentes pontos amostrais em estudo.

Valores expressos em 10^{-7} mgC/ml

		PRIMAVERA			VERÃO			OUTONO			INVERNO		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
NORTE	6h	20,64	28,76	18,80	58,02	138,92	91,99	2,39	1,35	0,97	8,62	1,08	26,46
	10h	4,64	12,50	6,20	26,05	56,25	124,58	24,14	14,89	13,91	4,12	0,00	67,62
	14h	12,64	24,19	16,99	242,91	274,22	303,66	10,96	15,24	9,00	10,63	6,22	3,33
	18h	8,97	18,15	18,23	182,10	318,16	125,28	18,14	10,50	7,85	6,39	9,92	7,52
	6h	3,39	7,67	5,12	156,48	214,68	203,38	8,45	10,81	13,24	8,82	8,82	8,61
	10h	9,00	5,74	12,84	168,92	177,86	142,99	8,21	15,33	17,23	9,81	8,53	8,47
	14h	3,61	11,10	9,57	141,62	114,13	120,36	4,02	18,03	11,38	6,86	8,23	3,25
	18h	8,89	5,89	6,97	89,66	131,69	92,30	11,45	9,57	9,87	6,93	9,46	3,65
	6h	1,86	10,98	4,11	80,31	31,97	42,95	11,60	13,34	7,66	6,67	8,29	6,46
	10h	14,02	31,45	2,93	75,83	209,61	140,56	15,05	13,10	21,76	7,37	7,97	5,53
	14h	2,84	5,99	4,65	89,70	145,76	134,99	10,34	14,03	11,11	7,02	10,74	3,69
	18h	8,22	5,66	9,89	173,28	117,50	79,89	11,16	13,36	9,81	5,73	8,23	12,26
CENTRO	6h	1,11	4,24	3,66	68,98	118,24	61,12	10,55	10,04	9,83	3,69	3,54	26,39
	10h	48,60	38,46	15,72	38,11	151,93	94,99	4,69	7,23	23,45	3,31	3,77	5,79
	14h	11,72	27,57	34,35	88,02	106,46	128,82	7,66	11,83	8,49	11,47	12,06	19,92
	18h	7,26	20,89	15,57	84,39	135,32	67,86	7,26	15,69	16,30	3,44	3,95	6,04
	6h	0,39	2,61	1,27	185,39	168,97	47,50	5,57	3,79	5,10	2,20	4,61	6,06
	10h	5,11	1,83	1,58	138,27	171,83	212,97	2,44	3,36	7,42	1,81	3,14	2,84
	14h	7,66	11,83	8,77	221,53	204,30	229,70	4,51	4,21	8,98	5,05	6,66	4,59
	18h	7,26	15,97	16,30	139,64	122,68	86,10	8,64	5,19	4,93	6,70	3,02	5,34
	6h	4,13	3,26	4,99	79,28	63,66	59,63	3,66	5,33	6,43	4,90	3,39	5,70
	10h	7,38	6,27	7,18	71,09	57,34	39,94	3,50	7,37	23,36	3,79	3,76	6,18
	14h	4,05	6,93	4,73	147,65	140,23	136,40	1,17	8,42	8,49	3,83	5,58	6,81
	18h	3,64	4,31	4,70	96,64	105,23	85,58	9,99	20,43	8,95	3,88	2,99	3,02
SUL	6h	2,30	7,13	1,89	119,49	140,34	116,09	7,68	5,61	10,38	6,16	6,96	5,70
	10h	38,12	17,74	6,93	108,88	93,28	77,23	2,18	3,62	5,89	7,90	6,32	8,12
	14h	22,51	26,71	16,84	30,87	42,50	30,37	4,27	4,15	5,77	7,72	7,96	6,76
	18h	10,30	10,87	17,18	59,99	71,74	65,55	6,07	2,22	1,59	7,35	7,25	8,66
	6h	5,65	8,72	8,49	125,22	92,29	95,97	3,80	3,73	7,80	5,01	3,86	11,32
	10h	6,29	6,92	2,28	122,92	73,01	83,27	4,57	7,06	6,16	6,97	7,87	9,17
	14h	7,73	10,07	4,14	138,97	83,07	19,35	4,40	7,32	3,75	5,25	5,40	3,52
	18h	6,99	9,08	5,57	263,92	109,87	71,86	5,43	0,38	4,50	5,05	4,27	3,02
	6h	5,18	8,04	0,00	32,95	55,65	61,44	4,23	5,22	5,31	5,93	7,21	6,69
	10h	14,89	6,49	7,59	58,89	65,02	64,81	4,30	4,16	2,32	5,23	3,59	6,17
	14h	2,31	2,81	3,11	83,46	71,33	77,46	2,72	2,14	1,26	3,18	1,25	2,46
	18h	4,07	3,58	5,54	62,18	97,32	38,67	3,33	5,12	1,00	8,09	3,90	5,44

TABELA 4.80: Análise estatística monovariável dos três conjuntos de dados de biomassa nos três grupos observados na Lagoa Itapeva (PP, CP e CS).

PARÂMETROS	PP	CP	CS
Média	$1,16 \times 10^{-6}$	$6,79 \times 10^{-6}$	$3,45 \times 10^{-6}$
Desvio padrão	$7,84 \times 10^{-7}$	$1,12 \times 10^{-5}$	$5,49 \times 10^{-6}$
Variância da amostra	$6,14 \times 10^{-13}$	$1,26 \times 10^{-10}$	$3,01 \times 10^{-11}$
Intervalo	$5,55 \times 10^{-6}$	$1,47 \times 10^{-4}$	$3,18 \times 10^{-5}$
Mínimo	$1,86 \times 10^{-7}$	$1,56 \times 10^{-7}$	0,00
Máximo	$5,74 \times 10^{-6}$	$1,48 \times 10^{-4}$	$3,18 \times 10^{-5}$
Soma	$5,02 \times 10^{-4}$	$2,93 \times 10^{-3}$	$1,49 \times 10^{-3}$
Contagem	432	432	432
Nível de confiança (95,0%)	$7,41 \times 10^{-8}$	$1,06 \times 10^{-6}$	$5,19 \times 10^{-7}$

Observa-se que a biomassa total é maior para os consumidores primários, decorrente obviamente do seu maior volume, entretanto o valor da biomassa de carbono no grupo dos consumidores secundários foi menor que a dos consumidores primários devido a sua densidade populacional, pois possuem um maior biovolume médio.

Em relação aos desvios padrões observa-se que é maior para os produtores primários, depois os consumidores secundários e por fim para os consumidores primários, portanto a dispersão dos dados em torno da média segue a seguinte seqüência: CP>CS>PP. Esta dispersão é decorrente, possivelmente do número de indivíduos identificados, pois a população de fitoplâncton é significativamente maior que a de zooplâncton.

Outro ponto que pode ser observado é o intervalo entre o menor e o maior valor, que é maior para os consumidores primários e menor para os produtores primários, novamente o número de indivíduos deve ter auxiliado nesta distribuição.

Apesar da correlação não apresentar que aumentos ou diminuições sucessivas em uma das variáveis em estudo causem aumentos ou diminuições sucessivas na outra variável, pode-se observar através de uma análise de correlação (Tabela 4.81), que todas as combinações apresentaram uma boa correlação, considerando-se o número grande de pontos amostrais e

que todas tiveram uma combinação positiva. Os valores obtidos mostram uma ótima correlação entre os dados de consumidores primários e consumidores secundários (significante ao nível de 5%), isto deve, possivelmente ser decorrente que da população formadora destes grupos apresentarem uma maior interação entre os indivíduos, pois segundo a metodologia apresentada estes dois grupos foram compostos somente de zooplânctons, assim a distribuição de densidade destes ao longo da Lagoa Itapeva apresentou uma grande homogeneidade (Cardoso, 2001).

TABELA 4.81: Análise de correlação entre os dados amostrais de PP, CP e CS.

	PP	CP	CS
PP	1		
CP	0,6209	1	
CS	0,5532	0,8878	1

Os dados de correlação foram complementados com o teste F (Tabela 4.82), onde se pode observar que as três combinações apresentaram valores de F maiores que o tabelado em um nível de 5%, assim confirma-se que todas as médias de tratamentos não são iguais. Se combinado os dados das duas tabelas (Tabela 4.57 e 4.58) observa-se que quanto maior o valor de F, menor seria a correção, confirmando assim os resultados obtidos anteriormente.

TABELA 4.82: Análise dos dados de PP, CP e CS conforme teste de F.

	Média	Variância	Observações	GL	F	F crítico uni-caudal
CP	67,8978	12.640,30	432	431	1,1927	1,1719
CS	34,4912	3.014,86	432	431		
PP	116,1990	6.141,04	432	431	3,0369	1,1719
CS	34,4912	3.014,86	432	431		
PP	116,1990	6.141,04	432	431	2,4858	1,1719
CP	67,8978	12.640,30	432	431		

4.3. Análise dos dados experimentais (Lagoa Itapeva)

4.3.1. Montagem das matrizes de dados

A montagem das matrizes foi feita utilizando-se de uma grande matriz (Anexo 9) onde foram calculados todos os termos referentes ao modelo proposto no item 3.2. Antes da montagem da matriz foi elaborada uma matriz intermediária com todos os valores correspondentes a cada ponto amostral, e inicialmente foi feita a correção de unidades, pois em alguns fluxos os dados estão apresentados em unidades volumétricas e o fluxo foi considerado em unidades de área. Esta correção foi feita conforme apresentado no item 3.2.2 na correção dos dados referentes ao fluxo de carbono.

Na matriz final (Anexo 9), estão representados os resultados do sistema de equações proposto também no item 3.2. As linhas desta matriz correspondem aos diferentes pontos amostrais e foram codificadas utilizando 5 códigos, onde o primeiro indica a estação do ano (P = primavera, V = verão, O = outono e I = inverno), o segundo o ponto de coleta (N = norte, C = centro e S = sul), o terceiro indica o dia que foi coletada a mostra (1 = primeiro, 2 = segundo e 3 = terceiro), o quarto código representa o ponto na coluna d'água em que foi feita a análise (S = superfície, M = meio e F = fundo) e por fim, o quinto ponto indica o horário (6, 10, 14 ou 18 horas).

Também em relação ao Anexo 9, os termos a_1 , a_2 e a_3 , correspondem ao somatório entre entrada e saída de cada compartimento, sendo que conforme nomenclatura utilizada nas equações 3.1 e 3.2, estes termos podem ser representados conforme as equações 4.6, 4.7 e 4.8.

$$a_1 = z_1 - y_1 \quad (4.6)$$

$$a_2 = z_2 - y_2 \quad (4.7)$$

$$a_3 = z_3 - y_3 \quad (4.8)$$

De acordo com estas equações podemos notar que conforme o resultado encontrado (positivo ou negativo) se terá condição de avaliar o sentido do fluxo. Se o resultado for positivo, a corrente de entrada (z) é maior que a corrente de saída e caso contrário, se o fluxo apresentar resultado negativo o fluxo de saída do compartimento em estudo é maior. Este fato, também é considerado para a corrente Y_3 , porém no sentido contrário, já que esta corrente é

considerada de saída no modelo, ou seja, se o valor for negativo considera-se que o fluxo de entrada é mais significativo que o de saída no compartimento 3 em estudo.

Com os dados tabulados no Anexo 9, pode-se então montar os 432 arquivos correspondentes a cada ponto amostral. Como exemplo de montagem de um destes arquivos as Figura 4.58 e 4.59 mostram planilhas adaptadas das Figuras 3.1 e 3.2 descritas na metodologia. O exemplo utilizado (escolha aleatória) corresponde ao ponto OC2S18^{4.4}.

A Figura 4.58 mostra a pasta inicial, onde são informados o ponto e as unidades em que estão representados os valores de fluxo e os dados em cada compartimento, além de indicar o componente do compartimento (PP = produtor primário, CP = consumidor primário e CS = consumidor secundário).

COMPARTIMENTOS	PARÂMETRO	UNIDADES	
		compartimento	fluxo
1	PP		
2	CP	mgC.m ⁻² .h ⁻¹	mgC.m ⁻²
3	CS		

FIGURA 4.58: Exemplo de pasta com as informações pertinentes ao ponto amostral em estudo (OC2S18), utilizando a planilha Microsoft® Excel.

A Figura 4.59, por sua vez mostra a pasta correspondente aos dados em estudo. Observando os dados correspondentes ao ponto OC2S18 no Anexo 9, observa-se que na

^{4.4} Coleta realizada no outono de 1999, no ponto central da Lagoa Itapeva, no segundo dia de amostragem as 18 horas na superfície da coluna d'água.

coluna pertinente ao ponto a_i , o valor é negativo ($-0,09 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$), isto significa que o fluxo é no sentido compartimento-meio (equação 4.7), assim o valor é colocado na planilha (**Fluxo de Entrada e Saída**) na linha correspondente ao fluxo de saída do compartimento.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data tables:

FLUXOS DE ENTRADA E SAÍDA

COMPARTIMENTO	1	2	3
ENTRADA	15,52	0,00	1,18
RESPIRAÇÃO	11,99	1,91	1,08
ARMAZENAMENTO	0,00	0,09	0,63
SAÍDA	26,88	1,91	1,08

FLUXOS ENTRE COMPARTIMENTOS

		PARA		
		1	2	3
DE	1	2,26	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	1,62
	3	0,00	0,00	1,27

VALORES ARMAZENADOS

COMPARTIMENTO	1	2	3
VALOR	96,23	15,36	8,64

FIGURA 4.59: Exemplo de pasta com os dados referentes ao ponto amostral em estudo (OC2S18), utilizando a planilha Microsoft® Excel.

Os valores correspondentes aos **Valores Armazenados** na Figura 3.2 corresponde aos valores apresentados nas Tabelas 4.77, 4.78 e 4.79, para os três compartimentos estudados: produtores primários, consumidores primários e consumidores secundários respectivamente.

Cabe salientar que nos pontos PS3F6^{4.5} e IN1M10^{4.6} o componente referente ao terceiro compartimento (consumidor secundário) é zero, assim o fluxo é estudado somente com dois compartimentos conforme Figura 4.60. Esta figura é adaptada da Figura 3.5, onde foram mantidos os índices correspondentes no sentido de não ser necessário fazer uma nova planilha para apresentação dos dados (Anexo 9). Assim, no Anexo 9, os pontos

^{4.5} Coleta realizada na primavera de 1999, no ponto sul da Lagoa Itapeva, no terceiro dia de amostragem as 6 horas no fundo da coluna d'água.

^{4.6} Coleta realizada no inverno de 1999, no ponto norte da Lagoa Itapeva, no primeiro dia de amostragem as 10 horas no meio da coluna d'água.

correspondentes aos coeficientes b_3 , f_{13} , f_{23} e a_3 estão zerados, e o ponto Y_3 , corresponde teoricamente (caso utilizássemos uma nomenclatura convencional) a Y_2 .

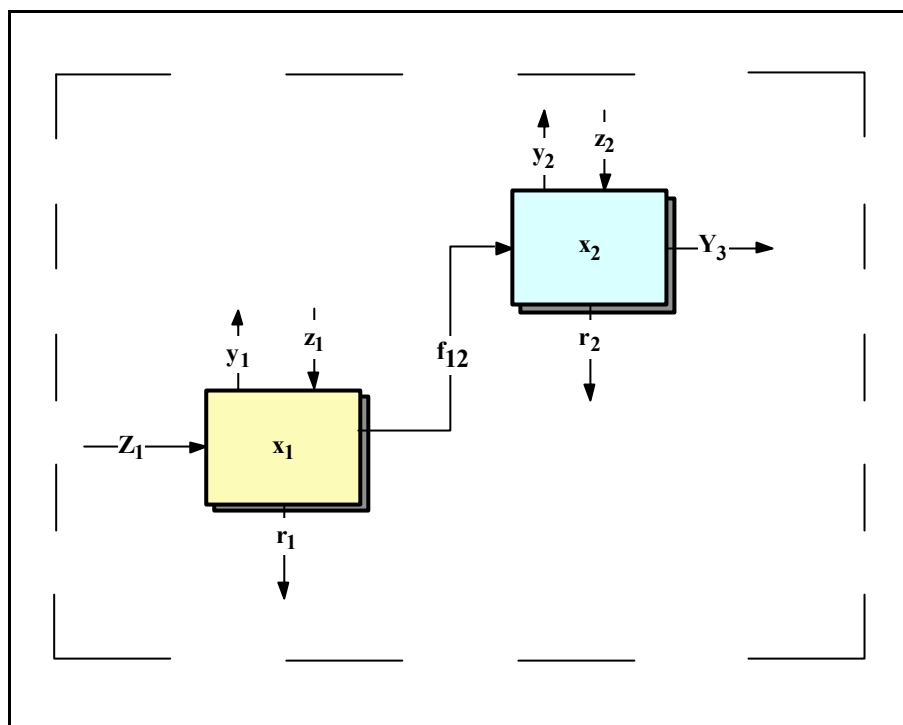


FIGURA 4.60: Relação teórica proposta para a Lagoa Itapeva, considerando somente dois compartimentos

4.3.2. Dados da Lagoa Itapeva

Os dados da Lagoa Itapeva foram analisados como mostrado no item anterior, contudo a apresentação dos dados e resultados será limitada e simplificada, pois o número de grupos analisados, como descrito no item 4.3.1, foi de 432 pontos amostrais (Anexo 9). Desta forma, não serão descritas as análises individuais de cada ponto e sim a interpretação e características dos conjuntos de pontos.

4.3.2.1. Análise determinística

Foram determinados todos os parâmetros determinísticos para os 432 pontos amostrais: duração do caminho, eficiência de ciclagem e índice de ciclagem. Para

exemplificar, usar-se-á o mesmo ponto amostral descrito no item 4.3.1 (OC2S18), sendo que a análise será feita a contemplar todos os pontos amostrais.

As Tabelas 4.83 aponta os dados referentes à duração do caminho, onde se pode observar que os fluxos gerais basicamente são os mesmos. Este fato foi comum em 97% dos pontos amostrais, ou seja estes pontos tiveram uma variação menor que 1%.

TABELA 4.83: Duração do caminho para o exemplo OC2S18 da Lagoa Itapeva.

Fluxo de Entrada		Fluxo de Saída	
ZPL ₁	1,28	YPL ₁	1,00
ZPL ₂	1,78	YPL ₂	2,00
ZPL ₃	1,74	YPL ₃	2,61
ZPL	1,31	YPL	1,30

A variação entre os valores máximos e mínimos também foi pequena, mostrando que o carbono (base de cálculo), não permanece muito tempo no fluxo, perfazendo além do caminho normal mais 30% em média.

Outra situação comum em todos os pontos amostrais é que existe um aumento no valor médio da duração do caminho na ordem proporcional ao compartimento, ou seja a duração do caminho no compartimento três é maior, normalmente, que a do compartimento dois e esta é maior, normalmente, do que a do compartimento um, independente do tipo de fluxo ao qual se esteja observando (entrada ou saída). Não foi detectado, contudo, nenhuma seqüência que pudesse ser representada significativamente, através de uma relação matemática.

A Tabela 4.84 apresenta os dados referentes à eficiência de ciclagem. Tanto no exemplo mostrado como nos demais pontos, a eficiência de ciclagem foi significativa sempre no compartimento 3 (consumidores secundários). Isto se deve basicamente a escolha do modelo onde uma parte do fluxo é direcionada diretamente do compartimento 1 e outra parte passa pelo compartimento 2 antes de chegar ao compartimento 3. Os valores já apresentaram diferenças significativas entre cada ponto amostral, não seguindo a mesma tendência do item anterior (duração do caminho).

A diferença entre a eficiência de ciclagem total no fluxo de entrada e de saída, se deve ao fato de que o ajuste do modelo é feito através de um processo iterativo, e sempre nestes métodos existe um resíduo, o que acarreta então diferença, que em alguns pontos amostrais foi nula ou próximo de zero.

TABELA 4.84: Eficiência de ciclagem para o exemplo OC2S18 da Lagoa Itapeva.

	Fluxo de Entrada	Fluxo de Saída
CE ₁	0,00	0,00
CE ₂	0,00	0,00
CE ₃	0,31	0,43
CE	0,02	0,05

Observa-se também, que em nenhum ponto amostral a eficiência de ciclagem ultrapassou a 15% (valor máximo encontrado no ponto OS3M16), ficando em média compreendido a um valor de 5,5%, o que é considerado baixo quando comparado a estudos teóricos (Burns et al, 1991; Pace et al, 1998; Higashi et al, 1993a e Higashi et al, 1993b).

Em relação ao índice de ciclagem a Tabela 4.85 relata os valores correspondentes ao ponto amostral aqui exemplificado.

TABELA 4.85: Eficiência de ciclagem para o exemplo OC2S18.

Fluxo Direto	
TST _c	1,27
TST _s	19,58
TST	20,85
Índice de Ciclagem	
CI ₁	0,06
CI ₂	0,06

Como no caso anterior neste item (índice de ciclagem) também não foram detectadas correções entre os valores dos 432 pontos amostrais, contudo observa-se um baixo valor de ciclagem, como detectado anteriormente para todos os pontos, prevalecendo sempre o fluxo

não ciclado, ou seja, grande parte do carbono que ingressa no sistema é transferido diretamente deste para outros componentes ambientais, não permanecendo nos três compartimentos em estudo (produtores primários, consumidores primários e secundários).

Como descrito anteriormente, não serão aqui apresentados todos os resultados individuais, porém foram elaborados alguns gráficos onde se pode observar algumas relações entre os parâmetros estudados e as características dos pontos amostrais. As Figuras 4.61, 4.62, 4.63 e 4.67 descrevem respectivamente as inter-relações dos parâmetros determinísticos com os seguintes cruzamentos: estações do ano e horário de amostragem; estações do ano e pontos amostrais na coluna d'água; estações do ano e os pontos de coleta e finalmente entre os pontos coleta e os pontos amostrais na coluna d'água. Para melhor visualizar estas relações os dados foram normalizados, possibilitando assim o ajuste em apenas 4 representações.

As análises foram realizadas partindo-se de alguns princípios:

- a) estações do ano: avaliados da primavera para o inverno;
- b) pontos de coleta: avaliados do norte para o sul;
- c) pontos na coluna d'água: avaliados da superfície para o fundo.

Analisando-se a Figura 4,61, observa-se que os parâmetros que se referem a duração do caminho tendem a diminuir ao longo das estações de forma pouco acentuada, da mesma forma com os valores referentes a eficiência de ciclagem, o parâmetro referente a fluxo direto contudo apresenta uma redução mais acentuada, considerando-se o comportamento ao longo das estações. Avaliando-se somente os dados médios dentro da estação observa-se que quanto à duração do caminho (ZPL e YPL) existe uma tendência significativamente positiva na primavera, levemente negativa no verão, e no inverno quase não existe variação como também no outono, isto coincide com as informações hidrodinâmicas descritas por Cardoso (2001), onde as variações climáticas na primavera ao longo do dia foram mais acentuadas, principalmente quanto às direções dos ventos. Em relação às eficiências de ciclagem (CE) existe uma tendência de variação mais acentuada no inverno onde existe uma redução da ciclagem ao longo do dia, isto ocorre basicamente em função da baixa temperatura e dos ventos noturnos na região (Cardoso, 2001). E quanto ao fluxo ciclado total, os extremos são a primavera e o inverno, os maiores valores foram obtidos na primavera e os mais baixos no inverno, consequência possível, também das temperaturas, que tendem a afetar as vias

metabólicas, reduzindo assim, em temperaturas baixas, a assimilação de nutrientes e conseqüentemente seus desdobramentos bioquímicos. Avaliando-se estatisticamente as correções entre os pontos nota-se uma baixa correção entre as seqüências de dados com exceção do fluxo ciclado total. Em um nível de significância de 95% obtêm-se os seguintes valores de correção entre a estação do ano e o horário de coleta: 0,2083 (ZPL), 0,3905 (YPL), 0,2778 (CE entrada), 0,2561 (CE saída) e 0,6961 (TST).

Na Figura 4.62 nota-se um comportamento inverso do que na Figura 4.61, os parâmetros ZPL e YPL apresentaram uma evolução positiva ao longo das estações enquanto a eficiência de ciclagem demonstrou uma evolução levemente negativa. Nesta interpretação observa-se uma tendência homogênea dos dados e analisando-se isoladamente os parâmetros, em cada estação do ano com exceção da primavera, os dados referentes ao fundo da lagoa possuem maiores valores, existindo assim picos significativos em cada estação. Este fato pode ser decorrente da turbulência que ocorre em lagos rasos. A turbulência pode causar impacto substancial no funcionamento biológico de comunidades aquáticas, na sua dinâmica e na composição de espécies. O nível de turbulência é menos importante na seleção de ficoflora distinta em sistemas cinéticos intensivamente misturados, do que sua extensão espacial ou sua persistência temporal. A taxa de perda de uma população em suspensão está relacionada à probabilidade de entrada da camada turbulenta para a camada não-turbulenta (Reynolds, 1994).

Assim a distribuição vertical de fitoplâncton ou zooplâncton é quase inteiramente dependente da turbulência induzida pelo vento e também pela densidade relativa de organismos. Muitos organismos são mais densos que a água e afundam quando não perturbados (Lund, 1959 *apud* George e Edwards, 1976). Sob condições de turbulência normal, se espera que as populações em lagos rasos permaneçam distribuídas homogeneamente na coluna d'água, que não é o caso da Lagoa Itapeva, onde nos meses em estudo foram registradas grandes variações no vento e temperatura. Outro ponto importante é que em lagos rasos e na zona rasa sub-litoral, a mistura causada pelo vento tem um efeito na distribuição de nutrientes, pois os repõe, do sedimento, de volta na coluna de água (Demers et al, 1987).

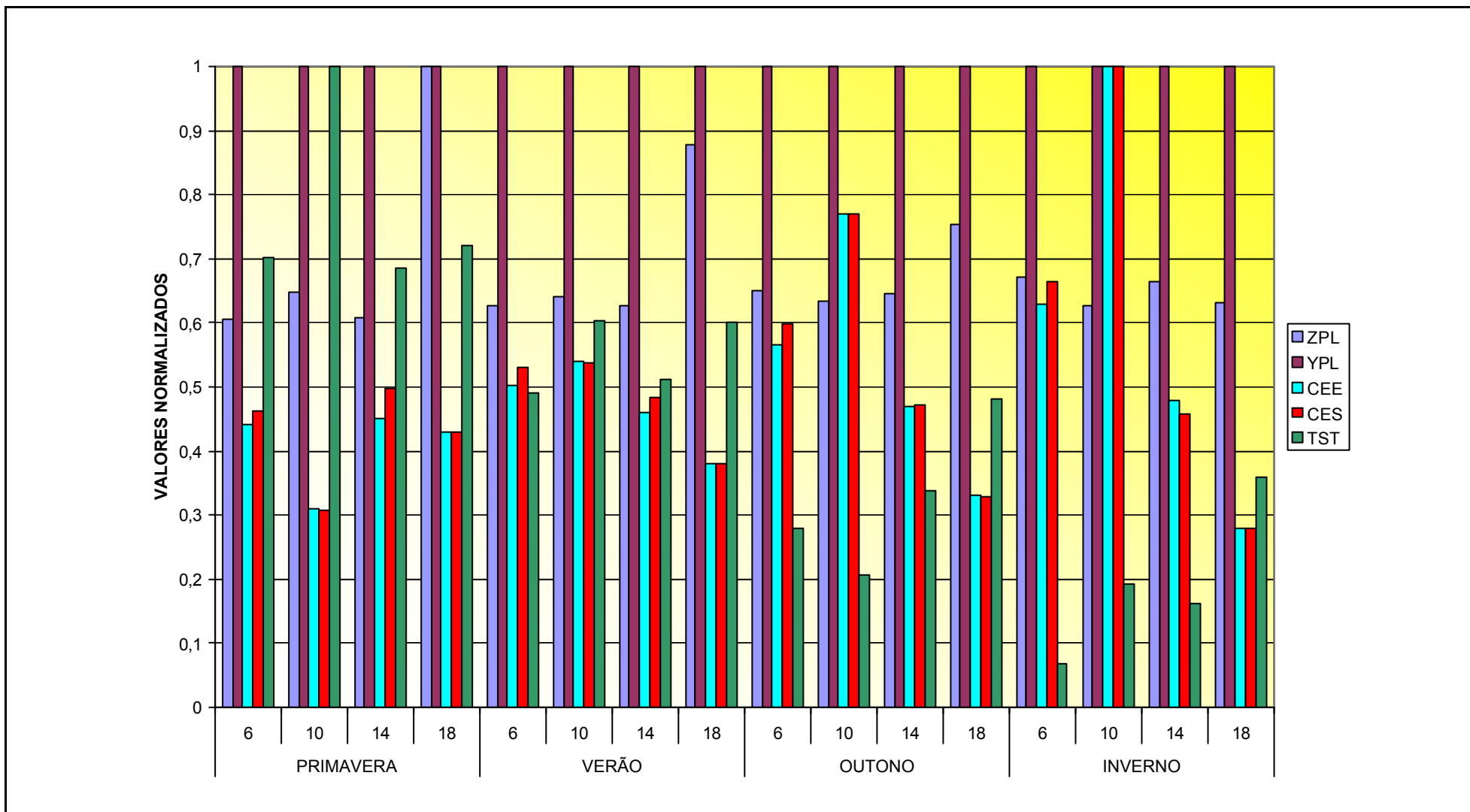


FIGURA 4.61: comparação entre os parâmetros determinísticos em relação às estações do ano e o horário de amostragem.

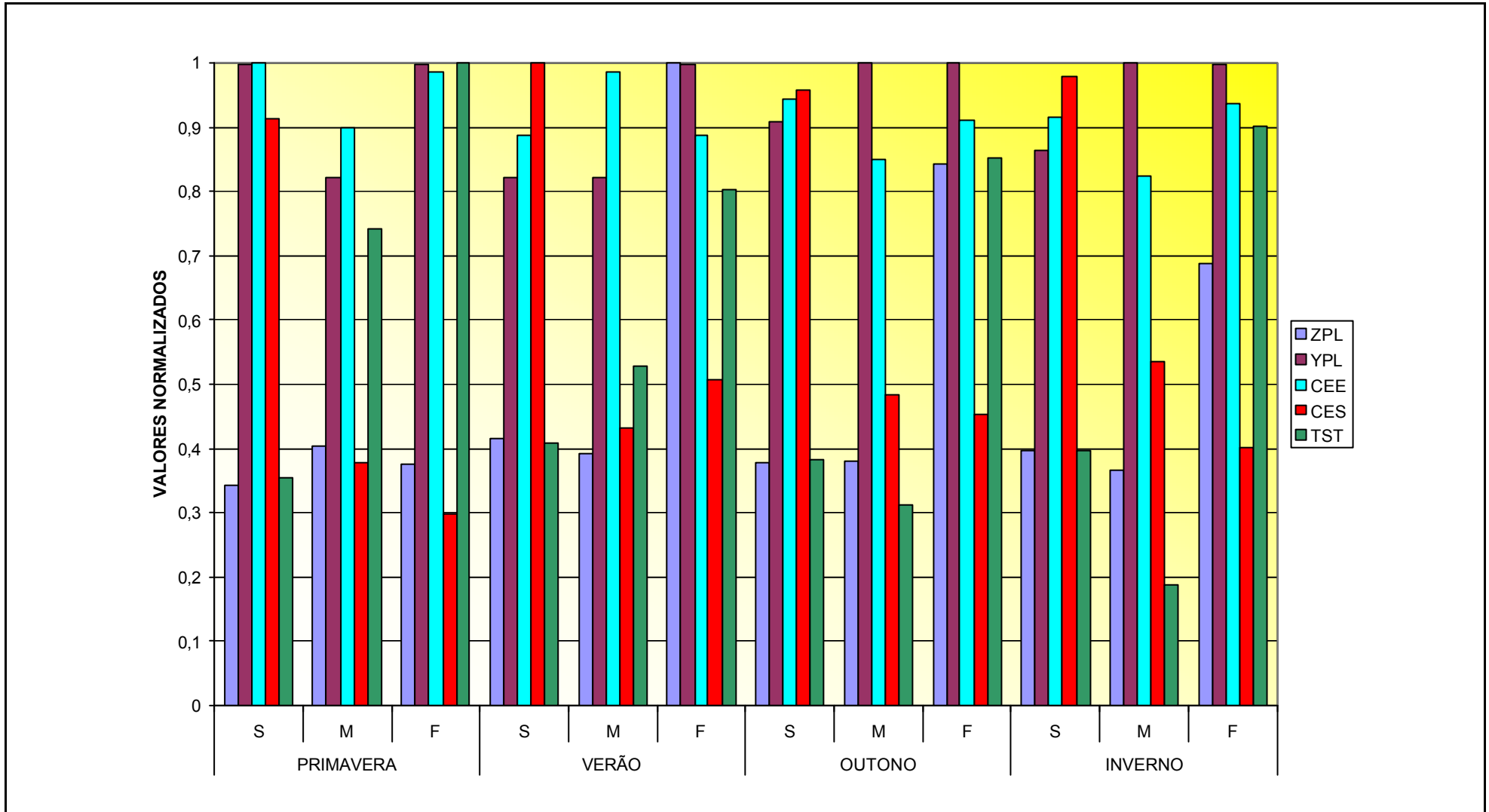


FIGURA 4.62: comparação entre os parâmetros determinísticos em relação às estações do ano e o ponto amostral na coluna d'água.

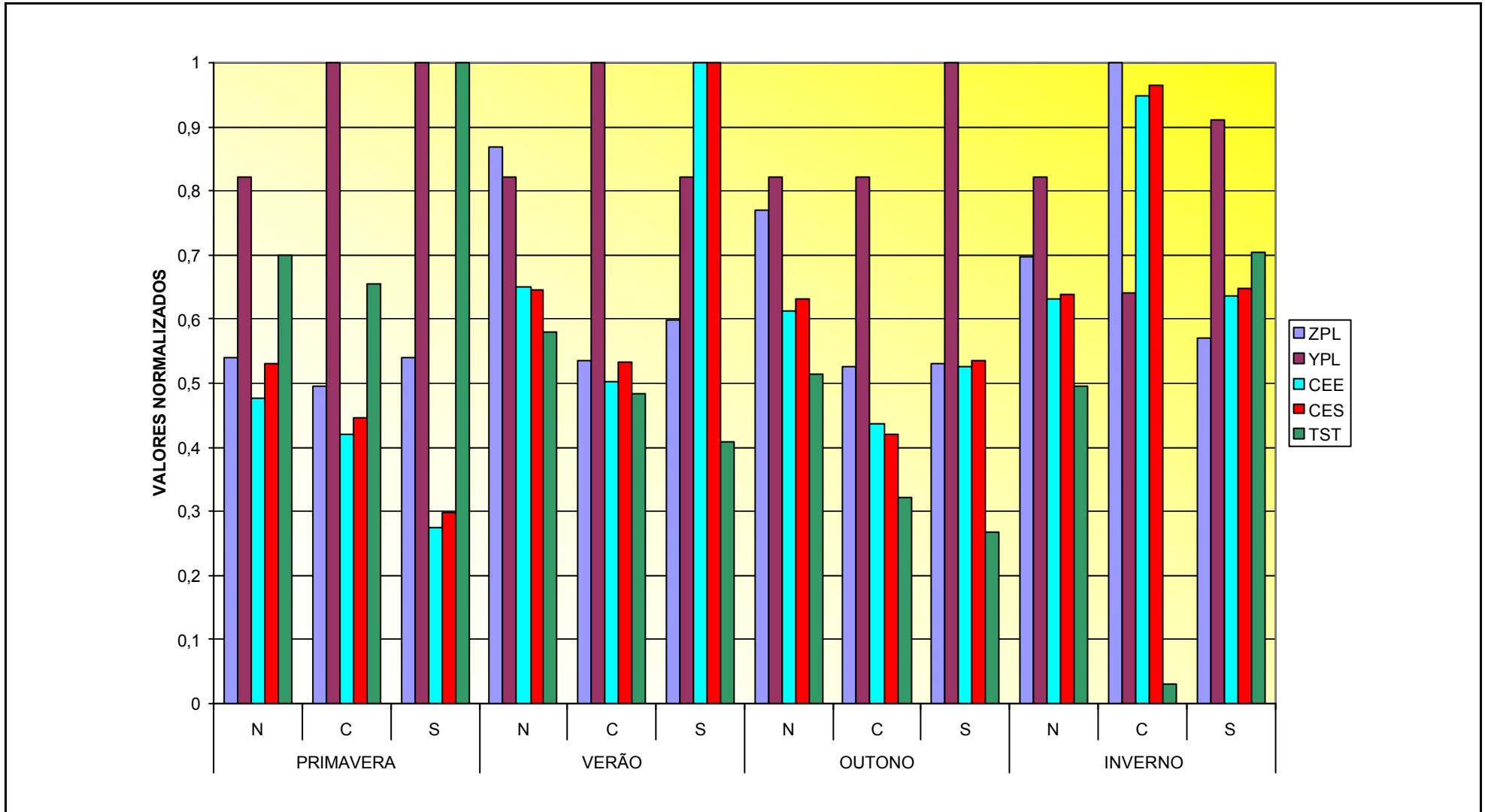


FIGURA 4.63: comparação entre os parâmetros determinísticos em relação às estações do ano e os pontos de coleta na Lagoa Itapeva.

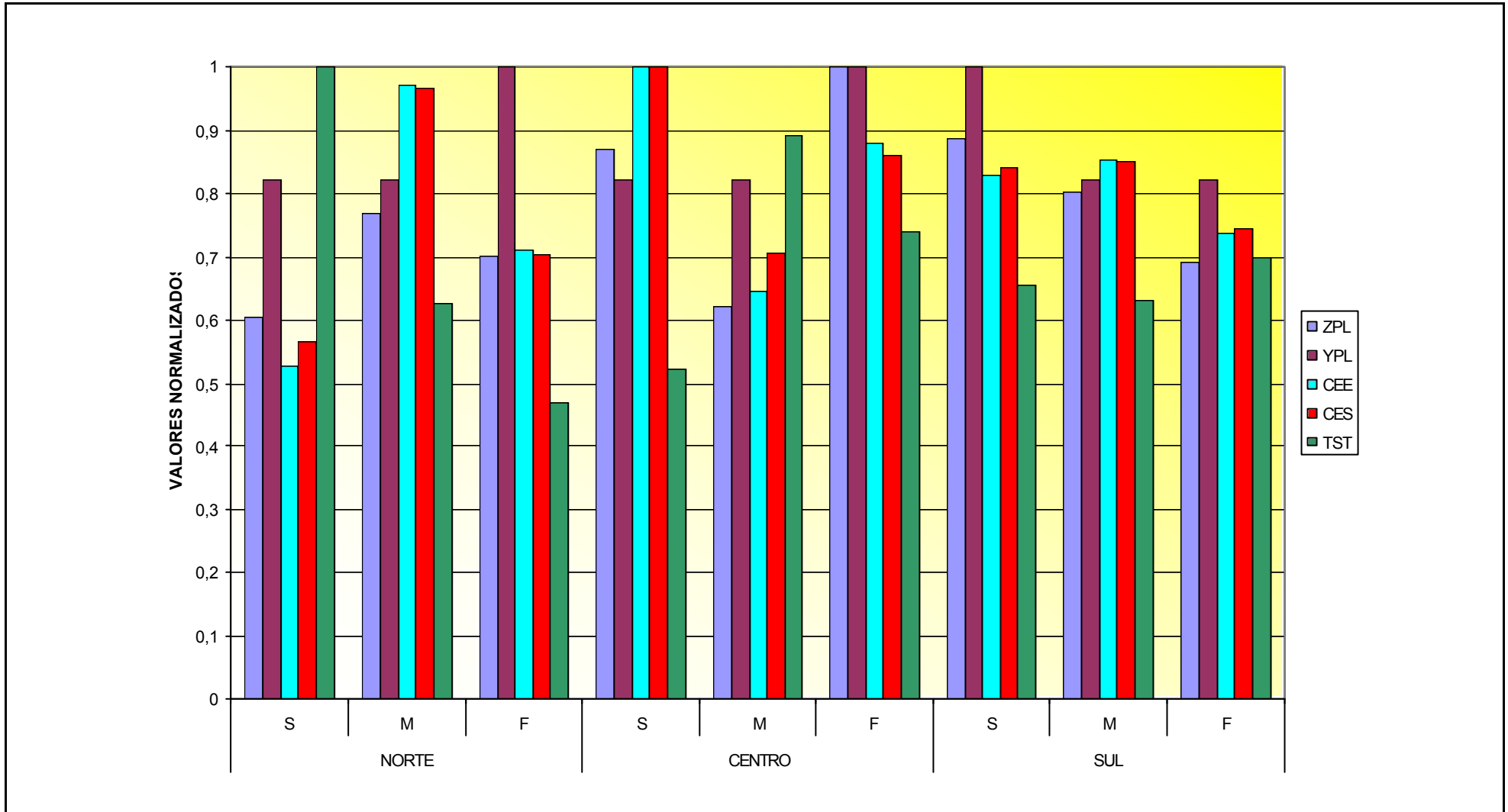


FIGURA 4.64: Comparação entre os parâmetros determinísticos em relação aos pontos amostrais na Lagoa Itapeva e os pontos na coluna d'água.

Os dados de correlação entre as estações do ano e os pontos amostrais da coluna d'água foram, para cada parâmetro estudado: 0,2856 (ZPL), 0,2985 (YPL), 0,2378 (CE entrada), 0,2056 (CE saída) e 0,2093 (TST). Verifica-se que nesta relação nenhum parâmetro registrou um valor de correlação significativo a um nível de significância de 95%, contudo todos apresentaram valores próximos o que, como foi colocado anteriormente, demonstra a proximidade dos resultados. Um fator importante, outrossim citado, o qual pode ter ocasionado esta baixa correlação são os efeitos causados pela turbulência na Lagoa Itapeva.

Quanto a Figura 4.63, as relações entre as estações do ano e o ponto de coleta, foram as mais significativas. Todos os parâmetros demonstram uma tendência positiva ao longo das estações, somente o fluxo total ciclado possui uma pequena tendência negativa. Avaliando-se as estações isoladamente nota-se que na primavera, verão e outono existe uma mesma tendência que se inverte no inverno. Novamente isto pode ser explicado pelas alterações climáticas e meteorológicas neste período. Nesta avaliação os fatores de correlação, confirmaram o esperado, ou seja foram os mais altos e significativos a um nível de significância de 95%. Em relação ao parâmetro duração do caminho os fatores foram 0,7198 e 0,7266 para o fluxo de entrada e saída respectivamente. A eficiência de ciclagem alcançou valores de 0,8224 e 0,7918 para fluxo de entrada e saída. E, por fim, o fluxo total ciclado apresentou um fator de 0,9159.

Estes resultados demonstram a credibilidade de que a resposta horizontal seja mais efetiva do que a vertical, visto que em apenas alguns instantes foi possível observar o padrão de distribuição vertical durante a estagnação do vento (Cardoso, 2001). Este fato é corroborado por vários autores que trabalharam com Lagoas semelhantes à Lagoa Itapeva, ou seja, estudos realizados em lagos rasos que evidenciam um modelo comportamental muito próximo ao existente no ecossistema em estudo (Demers e Therriault, 1987; Padisák et al, 1990; Millet e Cecchi, 1992; Carrick et al, 1993; Macintyre, 1993; Cristofor et al, 1994; Dokulil, 1994; Dokulil e Padisák, 1994; Padisák e Dokulil, 1994; Lacroix e Lescher-Moutoué, 1995; Gervais et al, 1997 e Zagarese et al, 1998).

A última figura (Figura 4.64), expõe a relação entre os pontos de coleta com os pontos amostrados na coluna d'água. Neste caso as correlações não foram significativas em um nível de significância de 95%: 0,2597 (ZPL); 0,3331 (YPL); 0,2813 (CE - fluxo de entrada); 0,2782 (CE - fluxo de saída) e 0,2769 (TST). Contudo as relações no ponto amostral mostraram um comportamento expressivo. As tendências foram semelhantes nos pontos norte e sul, contudo

no centro estes parâmetros apresentaram comportamento e tendências diferentes. Isto possivelmente ocorre devido que no ponto central da Lagoa Itapeva, existe um número significativo de correntes hídricas resultantes dos diversos fatores hidrometeorológicos, além de que nesta área central existe uma maior área superficial e também uma maior profundidade, o que interfere também no fluxo vertical dos componentes planctônicos.

Segundo Cardoso (2001), a dinâmica sazonal de organismos, apresentada nas Figuras 4.61, 4.62 e 4.63, em lagos rasos é difícil de descrever. Picos inesperados na dinâmica da população de espécies dominantes frequentemente caracterizam seu comportamento temporal ou são superpostas em modelos sazonais “regulares”. Segundo Padisák e Dokulil (1994), estas irregularidades originam-se de diferentes fontes, na grande maioria das vezes de difícil detecção.

Em sistemas rasos como o da Lagoa Itapeva, são frequentemente perturbados sendo o vento a principal fonte de energia cinética produzindo movimento de água (Millet, 1989 *apud* Millet e Cecchi, 1992). O movimento de água é um dos maiores fatores no controle da dinâmica das comunidades planctônicas (Margalef, 1978 *apud* Millet e Cecchi, 1992). Mackas et al (1985) *apud* Millet e Cecchi (1992) salientam que nestes ambientes aquáticos as comunidades biológicas respondem aos componentes horizontais e verticais do movimento induzido pelo vento e suas interações com características batimétricas como se pode mostrar nas relações entre os parâmetros estudados.

4.3.2.2. Normalização dos fluxos de entrada e saída

Para exemplificar a normalização dos dados amostrados na Lagoa Itapeva foi considerado também o ponto OC2S18. Como são 432 pontos amostrais (430 com três compartimentos e dois com dois compartimentos), foram plotados 2588 fluxos, visto que em todos os casos cada compartimento tem no mínimo uma entrada e uma saída de fluxo. Com isto já se observa a dificuldade de se trabalhar com esta metodologia, apesar de ser de fácil visualização não se torna prática. No caso do modelo descrito no Anexo 6, cujo fluxo contém 36 compartimentos, foram gerados 82 gráficos de normalização. A utilização dos fluxos pode ser substituída com uma análise dos dados das matrizes N' e N'' , contudo deverá ser realizado um novo balanço e gerado uma nova matriz, o que na realidade é feito indiretamente na

construção dos fluxos, porém perde-se a oportunidade de visualização do comportamento das correntes entre os compartimentos e o meio externo.

Assim a Figura 4.65 descreve, respectivamente, os ambientes normalizados de *input* E'_1 , E'_2 , e E'_3 definidos, para cada caso, por uma unidade de fluxos de saída nos compartimentos 1, 2 e 3 do ponto amostral OC2S18. A Figura 4.66 mostra, por sua vez, os ambientes de *output* E''_1 , E''_2 e E''_3 gerados por uma unidade do fluxo de entrada, respectivamente dos compartimentos 1, 2 e 3.

A montagem dos fluxos é feita conforme descrito no item 4.3.1.3. Observa-se na normalização de ambientes de *input* (Figura 4.65) que o compartimento 1 (produtores primários), independente da predominância de saída é o mais significativo. Este fato, neste tipo de caso, onde se tem apenas três compartimentos é facilmente esperado, já que o compartimento 1 interage com os dois compartimentos de forma direta.

Em relação à Figura 4.66, nota-se que o compartimento mais comprometido é o terceiro (consumidores secundários), independente do fluxo de entrada que se está normalizando. Isto também é um fato coerente devido a este ser quase o “depósito” dos demais compartimentos. O terceiro fluxograma da Figura 4.66, demonstra bem este fato, apesar de ser neste compartimento a normalização é necessário, ainda, o acréscimo de mais uma corrente para o ajuste do balanço material em relação ao fluxo de carbono.

Analisando os demais fluxos referentes à Lagoa Itapeva, todos, sem exceção, possuem o mesmo comportamento, mudando somente as grandezas, mas as proporções são semelhantes com poucas variações (inferiores a 13,5%).

4.3.2.3. Análise estocástica

Como no item anterior a análise estocástica será inicialmente analisada para o ponto amostral OC2S18. Em um segundo momento será discutido as relações e o uso do processo de transição temporal e espacial entre os dados amostrais.

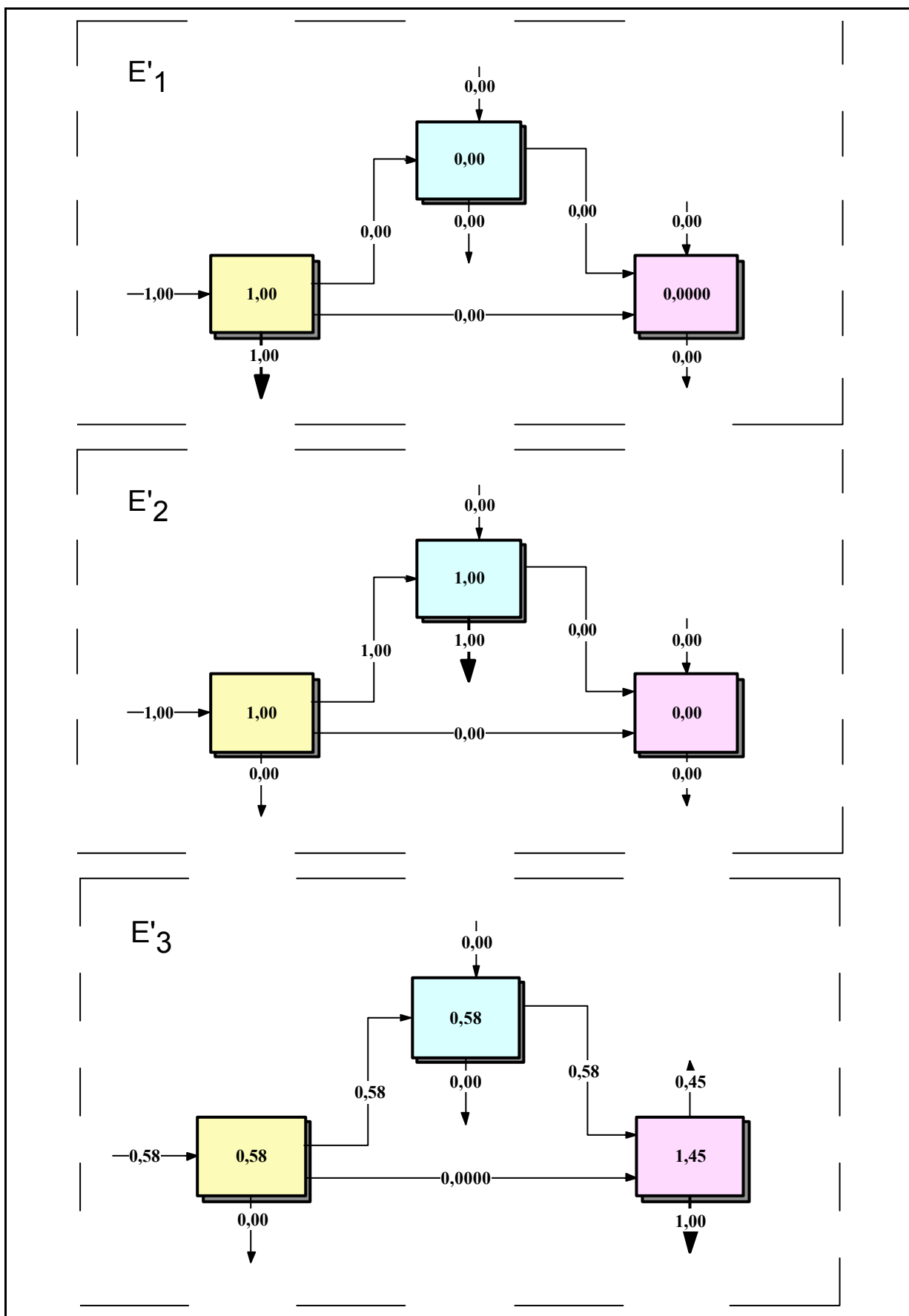


FIGURA 4.65: Ambientes E'_1 , E'_2 e E'_3 de *input* referentes ao ponto amostral OC2S18.

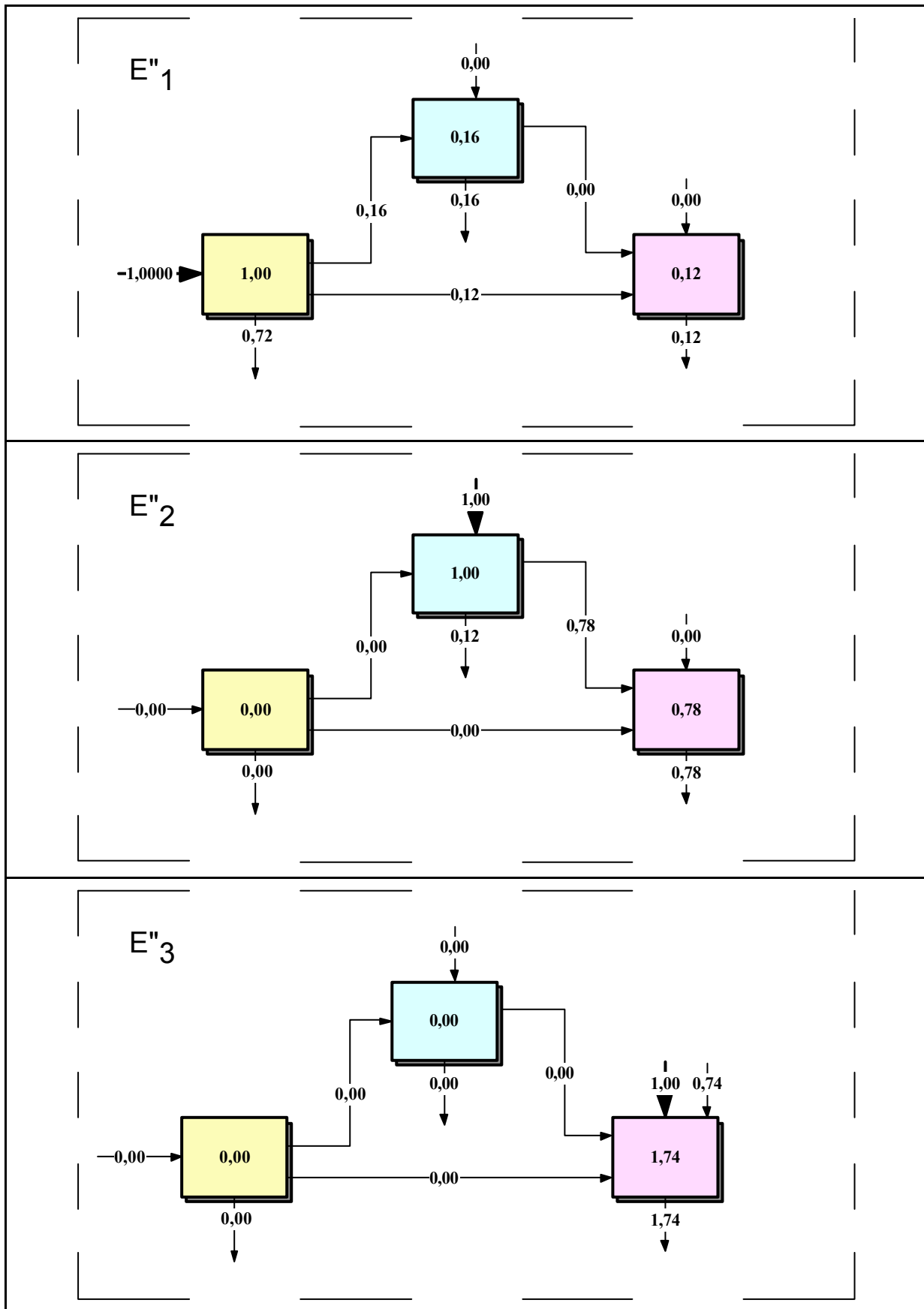


FIGURA 4.66: Ambientes de *output* (E'1, E'2 e E'3) referentes ao ponto amostral OC2S18.

As Figuras 4.67 e 4.68, exemplificam as pastas elaboradas em cada planilha referente a cada ponto amostral com os resultados obtidos no ponto OC2S18. A Figura 4.67 refere-se à matriz de transição de entrada e a Figura 4.68 à matriz de transição de saída. Estas matrizes por sua vez, como visto no estudo do modelo teórico, geram as tabelas com as análises das médias e variância de entrada e saída do exemplo citado. A Tabela 4.74 descreve os dados referentes a matriz de transição de entrada e a Tabela 4.75 os dados da matriz de transição de saída.

		PARA									
		z ₁	z ₂	z ₃	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	T ₁	T ₂	T ₃
DE	z ₁				1						
	z ₂				1						
	z ₃				1						
	x ₀				1						
	x ₁	1,00				0,00			0,00	0,00	0,00
	x ₂		0,00				0,00		1,00	0,00	0,00
	x ₃			0,29				0,00	0,00	0,40	0,31
	T ₁					1					
	T ₂						1				
	T ₃							1			

FIGURA 4.67: Pasta correspondente a matriz de transição de entrada P' do exemplo OC2S18.

Para se realizar a análise dos dados estocásticos, como ressaltado no estudo e análise descrita na avaliação dos modelos teóricos, tomar-se-á uma coluna (X_1) da Tabela 4.73. Isto se deve, ao fato de que a análise é pontual e seria extenso fazê-lo aqui nesta descrição já que são 1295 colunas com dados e conseqüentemente os parâmetros gerados por cada uma delas. Então se considerando os dados de entrada tem-se:

a) **Tempo de residência:** O tempo esperado gasto pelo carbono no compartimento 1 no tempo $h\pi$ (horas) desde o compartimento 3 é direto (zero hora). O tempo esperado de residência do carbono no compartimento 1 desde sua entrada no sistema é de 1 hora, com um desvio padrão de 17,69 horas.

	x_0	x_1	x_2	x_3	T_0	T_1	T_2	T_3
x_0	1,00							
x_1		-4,46			5,31	0,00	0,16	0,00
x_2			-1,23		1,23	0,00	0,00	1,00
x_3				0,43	0,57	0,00	0,00	0,00
T_0	1							
T_1		1						
T_2			1					
T_3				1				

FIGURA 4.68: Pasta correspondente a matriz de transição de saída P'' do exemplo OC2S18.

b) **Transferência intercompartimental:** O número esperado de vezes que o carbono em 1 esteve em 3 desde que entrou no sistema é 0,00 (o processo não possui ciclagem entre estes compartimentos). O valor médio e a variância do número total de compartimentos pelos quais o carbono do compartimento 1 já passou desde sua entrada no sistema também é zero, pois não estão considerados loops no modelo.

c) **Origens de *input*:** O sistema tem *inputs* Z_1 e Z_3 . Para o compartimento 1, o carbono é originado totalmente do próprio compartimento (Z_1), pois não existe fluxo de outro compartimento para este (média de 1,00 e variância de 0,17). Isto também é verdadeiro para compartimento 2. Para os compartimentos 3, porém, aproximadamente só uma vez e meia o carbono é originado de Z_1 (média de 0,58 e variância de 0,16) como de Z_3 (média de 0,42 e variância de 0,30).

d) **Eficiência de ciclagem:** Para os compartimentos 1 e 2, a eficiência de ciclagem é nula. Para o compartimento 3, a eficiência de ciclagem esperada é de $0,45/1,45 = 0,31$. O valor da eficiência de ciclagem esperada para o sistema total é 0,06, indicando que 6% do carbono nos compartimentos do sistema foram, pelo menos, ciclados uma vez. Valor este baixo devido à baixa tendência de ciclagem descrita no modelo.

TABELA 4.86: Análise das médias e variâncias* de *input* para o exemplo OC2S18.

	X ₁	X ₂	X ₃
Z ₁	1,00 (0,17)	1,00 (0,17)	0,58 (0,16)
Z ₃	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,42 (0,30)
X ₁	1,00 (2,66)	1,00 (2,66)	0,58 (1,84)
X ₂	0,00 (0,00)	1,00 (2,53)	0,58 (1,76)
X ₃	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	1,45 (1,97)
SX	1,00 (313,01)	2,00 (616,68)	2,61 (838,02)
T ₁	0,00 (0,00)	1,00 (0,97)	0,58 (0,73)
T ₂	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,58 (0,73)
T ₃	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,45 (0,90)
ST	0,00 (0,00)	1,00 (7,17)	1,61 (11,52)

* Variância expressa entre parênteses.

A análise estocástica de *output* segue analogamente a metodologia de análise de *input*, e preocupa-se com aspectos futuros dos fluxos, como descrito anteriormente. Novamente, para exemplificar, tomar-se-á o exemplo OC2S18, onde os dados para a geração dos parâmetros estão descritos na Tabela 4.82. Para ilustrar, considerar-se-á novamente a coluna X₁:

a) **Tempo de residência:** o tempo esperado para que o carbono do compartimento 1 passe em 3 antes de deixar o sistema é zero horas. O tempo médio que o carbono em 1 vai passar dentro do sistema antes de sair é 1 hora (desvio padrão de 17,13 horas). Observa-se que este tipo de análise já prevê através de sua análise estatística uma variação significativa entre os valores reais e experimentais decorrentes do alto desvio padrão.

b) **Transferência intercompartimental:** o número esperado de vezes que o carbono que está em 1 passará em 3 antes de deixar o sistema é zero (como explicado não existe fluxo no sentido 3 → 1). A média e a variância do número total de compartimentos pelos quais o nitrogênio que está em 1 passará antes de sair do sistema é respectivamente zero, se a análise for feita no compartimento 3 este valor passa para 1,15 com variância de 9,64.

c) **Destinos de *output***: desde que a condição do conjunto I_{ξ} exclui os sistemas de *output* Y_1 e Y_2 (equação 3.81), então as contribuições dos compartimentos para cada um destes não podem ser calculadas com a presente versão estocástica de análise de *output*.

d) **Eficiência de ciclagem**: corresponde aos mesmos resultados obtidos pela análise de *input*, decorrente de que as diagonais principais são idênticas para ambas matrizes de fluxo direto.

TABELA 4.87: Análise das médias e variâncias de *output* para o exemplo OC2S18.

	X_1	X_2	X_3
X_1	1,00 (2,66)	0,54 (2,35)	0,37 (1,59)
X_2	0,00 (0,00)	1,00 (2,52)	0,33 (1,43)
X_3	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	1,45 (1,96)
SX	1,00 (293,71)	1,54 (440,29)	2,16 (622,20)
T_1	0,00 (0,00)	0,54 (1,02)	0,37 (0,68)
T_2	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,33 (0,65)
T_3	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,45 (0,89)
ST	0,00 (0,00)	0,54 (3,79)	1,15 (9,64)

* variância expressa entre parênteses.

Os valores e discussões apresentadas neste exemplo (OC2S18) são muito semelhantes aos demais 431 pontos amostrais, as variações são pequenas, visto que o comportamento sempre é o mesmo, com poucas exceções.

No exemplo foi relatado um processo onde se utilizou uma matriz de transição de um passo, contudo para se avaliar a questão dinâmica do modelo no sentido espacial e temporal, foram considerados os 432 pontos de forma agrupada conforme a análise que se realizou. A Tabela 4.83 mostra os 432 pontos, onde foram atribuídos números para cada ponto amostral, sendo que esta tabela serviu como base para visualização das combinações realizadas.

TABELA 4.88: Matriz representativa dos 432 pontos amostrais considerando-se as diferentes estações do ano e os diferentes dias, horários e pontos de coleta.

	1º dia				2º dia				3º dia			
	6h	10h	14h	18h	6h	10h	14h	18h	6h	10h	14h	18h
ago/99												
NORTE	1-2-3	4-5-6	7-8-9	10-11-12	37-38-39	40-41-42	43-44-45	46-47-48	73-74-75	76-77-78	79-80-81	82-83-84
CENTRO	13-14-15	16-17-18	19-20-21	22-23-24	49-50-51	52-53-54	55-56-57	58-59-60	85-86-87	88-89-90	91-92-93	94-95-96
SUL	25-26-27	28-29-30	31-32-33	34-35-36	61-62-63	64-65-66	67-68-69	70-71-72	97-98-99	100-101-102	103-104-105	106-107-108
mai/99												
NORTE	109-110-111	112-113-114	115-116-117	118-119-120	145-146-147	148-149-150	151-152-153	154-155-156	181-182-183	184-185-186	187-188-189	190-191-192
CENTRO	121-122-123	124-125-126	127-128-129	130-131-132	157-158-159	160-161-162	163-164-165	166-167-168	193-194-195	196-197-198	199-200-201	202-203-204
SUL	133-134-135	136-137-138	139-140-141	142-143-144	169-170-171	172-173-174	175-176-177	178-179-180	205-206-207	208-209-210	211-212-213	214-215-216
mar/99												
NORTE	217-218-219	220-221-222	223-224-225	226-227-228	253-254-255	256-257-258	259-260-261	262-263-264	289-290-291	292-293-294	295-296-297	298-299-300
CENTRO	229-230-231	232-233-234	235-236-237	238-239-240	265-266-267	268-269-270	271-272-273	274-275-276	301-302-303	304-305-306	307-308-309	310-311-312
SUL	241-242-243	244-245-246	247-248-249	250-251-252	277-278-279	280-281-282	283-284-285	286-287-288	313-314-315	316-317-318	319-320-321	322-323-324
dez/98												
NORTE	325-326-327	328-329-330	331-332-333	334-335-336	361-362-363	364-365-366	367-368-369	370-371-372	397-398-399	400-401-402	403-404-405	406-407-408
CENTRO	337-338-339	340-341-342	343-344-345	346-347-348	373-374-375	376-377-378	379-380-381	382-383-384	409-410-411	412-413-414	415-416-417	418-419-420
SUL	349-350-351	352-353-354	355-356-357	358-359-360	385-386-387	388-389-390	391-392-393	394-395-396	421-422-423	424-425-426	427-428-429	430-431-432

Para exemplificar, se a análise visou à evolução dos dados ao longo das estações na superfície da Lagoa Itapeva quando considerado o primeiro dia, no ponto norte e sendo a amostragem realizada no primeiro horário do dia; um exemplo de combinações é 1-109-217-325. Com isto pode-se avaliar, partindo-se do ponto 1 o que se esperava após um determinado tempo no ponto 109, e assim por diante até se chegar no ponto 325 quase um ano após.

Para realizar estas análises as matrizes de transição são multiplicadas entre si gerando novos passos, e conseqüentemente a expectativa de resultado após este novo passo. O número de passos e o valor utilizado como medida pode ser o tempo (análise temporal) ou comprimento (análise espacial). Utilizou-se a unidade “hora” na análise temporal e a unidade “metro” quando da análise espacial. Foram testados, inicialmente, cada combinação em mais de um tipo de associação de passos, ou seja, no exemplo anterior (1-109-217-325) poder-se-ia fazer o teste utilizando-se 2160 horas como uma unidade de passo (média de três meses) o que gera um passo entre cada ponto. O escolhido para a realização dos testes foi à diminuição da unidade de tempo ou espaço e o aumento do número de passos, isto foi decorrente do fato que a precisão dos dados aumenta significativamente com esta mudança (diminui o erro estatístico em 67% em média).

Para exemplificar as Tabelas 4.89, 4.90, 4.91 e 4.92 destacam alguns exemplos onde podemos observar os dados originais o resultado após a aplicação do modelo e os dados esperados. Os dados originais e esperados são obtidos através do Anexo 9. Na Tabela 4.89 está exemplificado uma transição de doze passos, utilizando-se como unidade de transição 1 hora, com isto partindo-se com os dados referentes a medida feita as 6 horas da manhã (PS3S6) pode-se prever os dados referentes as 18 horas (PS3S18) do mesmo dia. Neste exemplo observa-se também uma média de erro em torno de 24% entre o dado esperado e o calculado.

A Tabela 4.90 apresenta outro exemplo temporal, onde se partiu do ponto PS1S6 e se fez a projeção para o terceiro dia no mesmo horário (PS3S6). Neste caso também foi utilizado-se a unidade de uma hora o que gerou 72 passos, ou seja, setenta e duas transições matriciais (P^{72}). O erro encontrado neste caso foi bastante elevado, em torno 280%, o que mostra as variações significativas entre os três dias amostrados. A Tabela 4.91, apresenta um exemplo espacial de aplicação do modelo, partindo-se do ponto PN1S6 e prevendo os dados do ponto PN1F6 obteve-se um erro de 26% em média, esta informação caracteriza o fluxo no sentido superfície-fundo da Lagoa Itapeva, que na maioria dos casos não se apresentou tão

clara, resultando em grandes erros percentuais. Neste exemplo utilizou-se como unidade de medida de transição o centímetro, como a Lagoa neste ponto possui 1,2 metros de profundidade, realizou-se 120 transições matriciais.

TABELA 4.89: Aplicação do modelo partindo-se dos dados referentes ao ponto PS3S6 utilizando-se doze passos (unidade de uma hora) até o ponto PS3S18 da Lagoa Itapeva.

Parâmetro	Valor de origem	Valor final real	Valor final calculado	Diferença (%)
Z1	0,80	0,64	0,83	29,68
R1	1,85	33,12	44,04	32,97
R2	0,22	9,52	8,11	14,81
R3	0,11	4,47	3,75	16,10
A1	96,19	79,36	91,61	15,43
A2	31,23	12,00	14,07	17,25
A3	63,13	24,61	29,36	19,30
Y3	63,58	15,21	22,48	47,79

TABELA 4.90: Aplicação do modelo partindo-se dos dados referentes ao ponto PS1S6 utilizando-se 72 passos (unidade de uma hora) até o ponto PS3S6 da Lagoa Itapeva.

Parâmetro	Valor de origem	Valor final real	Valor final calculado	Diferença (%)
Z1	0,82	0,80	1,01	27,02
R1	738,73	1,85	9,71	425,31
R2	321,9	0,22	3,49	1489,18
R3	17,45	0,11	0,31	184,63
A1	1815,99	96,19	139,35	44,87
A2	949,78	31,23	48,84	56,41
A3	1005,21	63,13	89,59	41,92
Y3	-211,05	63,58	78,00	22,68

A Tabela 4.92, como no caso da Tabela 4.91, exemplifica uma transposição espacial, partindo-se de um ponto no norte da Lagoa Itapeva (PN1S6) e prevendo-se seu destino no

ponto sul da Lagoa (PS1S6), para esta transição utilizou-se o quilometro como parâmetro unitário e realizou-se então 27 passos para obter-se os dados descritos na Tabela 4,92.

TABELA 4.91: Aplicação do modelo partindo-se dos dados referentes ao ponto PN1S6 utilizando-se 120 passos (unidade de um centímetro) até o ponto PN1F6 da Lagoa Itapeva.

Parâmetro	Valor de origem	Valor final real	Valor final calculado	Diferença (%)
Z1	0,67	1,30	1,64	26,51
R1	23,81	26,16	32,72	25,08
R2	4,17	4,83	6,12	26,86
R3	2,00	2,36	2,99	26,84
A1	74,28	30,76	38,01	23,58
A2	16,04	-0,34	-0,58	73,17
A3	32,59	1,60	1,69	5,63
Y3	28,93	-0,95	-0,90	4,45

TABELA 4.92: Aplicação do modelo partindo-se dos dados referentes ao ponto PN1S6 utilizando-se 27 passos (unidade de um quilometro) até o ponto PS1S6 da Lagoa Itapeva.

Parâmetro	Valor de origem	Valor final real	Valor final calculado	Diferença (%)
Z1	0,67	0,82	1,19	45,81
R1	23,81	738,73	1071,18	45,00
R2	4,17	321,90	466,71	44,98
R3	2,00	17,45	34,92	100,11
A1	74,28	1815,99	2633,92	45,04
A2	16,04	949,78	1994,69	110,01
A3	32,59	1005,21	2010,74	100,03
Y3	28,93	-211,05	-305,73	44,86

Para avaliar as análises realizadas, utilizar-se-á as Tabelas 4.93 e 4.94, que resumidamente mostram qual foi o tipo de combinação estudado, o erro resultante no final do processo e o número de testes realizados considerando-se 1 hora quando da análise temporal,

1 m quando da análise entre os pontos amostrais e 0,1 metro quando da análise na coluna d'água. A Tabela 4.93 descreve os resultados das análises espaciais e a Tabela 4.94 descreve as análises temporais.

O erro de estimativa, foi determinado aqui a um nível de 95% de confiança, e este implica na variação permitida em torno da média, ou seja, a metade do intervalo de confiança. Dividindo-se o intervalo de confiança pela média tem-se o erro de estimativa ou a tolerância permitida para fins de classificação e/ou comparação de ensaios.

TABELA 4.93: Combinações espaciais, número de ensaios e erro estocástico nas análises dinâmicas realizadas na Lagoa Itapeva.

Situação de análise	Número de ensaios	Erro estocástico*
Coluna (S ? F) – todos os pontos	144	245,09%
Coluna (F ? S) – todos os pontos	144	142,74%
Coluna (S ? F) – média do dia	36	152,45%
Coluna (F ? S) – média do dia	36	159,77%
Coluna (S ? F) – média da estação	12	261,01%
Coluna (F ? S) – média da estação	12	260,98%
Ponto de coleta (N ? S) – todos os pontos	144	19,21%
Ponto de coleta (S ? N) – todos os pontos	144	21,76%
Ponto de coleta (N ? S) – média do dia	36	19,98%
Ponto de coleta (S ? N) – média do dia	36	42,99%
Ponto de coleta (N ? S) – média da estação	12	21,11%
Ponto de coleta (S ? N) – média da estação	12	48,23%

Fazendo-se uma análise das Tabelas 4.93 e 4.94, nota-se que em alguns testes o erro foi significativamente grande acarretando em uma significativa diferença entre a média dos valores encontrados com os valores esperados. Normalmente quando se utilizam valores médios, o erro aumenta, devido, provavelmente ao acúmulo de erros estatísticos anteriores. Cabe lembrar, neste momento, que uma grande parte dos dados sofre processos de correção ou ajuste, que conseqüentemente já possuem erros nos métodos que foram utilizados.

TABELA 4.94: Combinações temporais, número de ensaios e erro estocástico nas análises dinâmicas realizadas na Lagoa Itapeva.

Situação de análise	Número de ensaios	Erro estocástico*
Dias de coleta (1 ? 3) – todos os pontos	144	25,94%
Dias de coleta (1 ? 3) – média dos horários	36	102,44%
Horário (6 ? 18) – todos os pontos	144	22,55%
Estação (P ? I) – todos os pontos	108	25,97%
Estação (P ? I) – média dos horários	27	81,24%
Estação (P ? I) – média da coluna d'água	36	103,59%
Estação (P ? I) – média dia de amostragem	12	159,12%
Estação (P ? I) – média do dia, horário e coluna	1	488,19%

Avaliando os resultados, e comparando com dados apresentados por Cardoso (2001) e Lopardo (2002), pode-se notar uma relação direta entre os valores encontrados no fluxo de carbono com as condições hidrodinâmicas da Lagoa Itapeva. Um exemplo significativo disto é quando se avalia espacialmente a relação do fluxo no sentido norte-sul ou sul-norte. Neste caso como salientado pelos autores citados os ventos predominam no sentido norte-sul o que provavelmente facilita a diminuição do erro estocástico. No caso do direcionamento sul-norte o fluxo tenderia contra as correntes existentes na Lagoa. Outro fato, já discutido anteriormente na avaliação determinística é a relação da profundidade com a turbulência na coluna d'água, todos os fatores relacionados à profundidade apresentaram valores de erro elevados.

Na análise temporal os melhores resultados foram obtidos quando o número de passos foi menor, no caso da avaliação dos fluxos em relação aos dias de coleta. Sendo que o maior erro ocorreu quando se trabalhou com médias gerais, também como salientado anteriormente, o erro de 488,19% na análise das estações é decorrente dos inúmeros erros acumulados no cálculo do modelo. Este tipo de análise é relativamente trabalhosa no seu processo de interpretação, contudo, após a montagem das planilhas a geração de dados é rápida e a facilidade de visualização é significativa. Outro fator importante a se ressaltar, é que através da análise estocástica, pode-se observar a necessidade de correção destes dados com os fatores hidrodinâmicos existentes, ou seja, a inclusão deles no modelo descrito.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

A conservação do meio ambiente e a compatibilização das atividades humanas são questões fundamentais para a sobrevivência e para a qualidade de vida do ser humano. O tratamento destas questões, no entanto, tem sido dificultado pela enorme complexidade que é inerente aos sistemas ecológicos. Neste contexto, a modelagem matemática apresenta-se como uma valiosa ferramenta para lidar com esta complexidade dos sistemas e seus problemas. É uma metodologia vantajosa para organizar e representar os conhecimentos existentes sobre eles, facilitando o seu entendimento e permitindo fazer previsões sobre o seu provável estado sob diferentes condições de contorno. Em função das metodologias empregadas e descritas no trabalho e dos resultados obtidos e discutidos, pode-se concluir de forma geral que:

- a) a análise de *input-output* (determinística e estocástica) com o propósito de obter informações no que diz respeito aos fluxos (matéria e energia), é bastante simples;
- b) o uso de modelos de fluxo complementam as avaliações sobre as características biológicas de um ecossistema em estudo;
- c) metodologias simples podem ser utilizadas com eficácia na complementação de dados amostrais, visando a otimização da base de dados para modelos matemáticos;

d) a busca de modelos matemáticos consagrados em outras áreas do conhecimento são fundamentais para a melhoria dos estudos probabilísticos e de modelagem geral;

e) os modelos determinísticos se prestam melhor para traçar um panorama global e/ou determinar um comportamento aproximado para o sistema como um todo, e para obter projeções para as variáveis;

f) os modelos estocásticos são mais complexos, mais difíceis de construir, e requerem mais informações (cuja obtenção pode ser muito custosa), mas provêm uma descrição mais acurada e, em geral, previsões mais eficientes, pois avaliam situações mais específicas e direcionadas a gestão e/ou gerenciamento de sistemas ambientais;

g) a análise de fluxo energético ou de matéria em sistemas ambientais possibilita um maior conhecimento sobre o funcionamento das inter e intra-relações entre os diferentes componentes do sistema em estudo.

Especificamente em relação a Lagoa Itapeva pode-se concluir que:

a) os processos determinísticos demonstraram um baixo índice de ciclagem do carbono entre os três compartimentos em estudo (produtores primários, consumidores primários e consumidores secundários);

b) o fluxo preferencial na normalização dos fluxos diz respeito ao compartimento dos produtores primários, isto decorre de não existir *loop* nos compartimentos em estudo e também não existir fluxos em dois sentidos (entrada e saída de um mesmo compartimento);

c) a avaliação estocástica mostrou uma baixa relação no sentido espacial superfície-meio-fundo da lagoa, e uma boa distribuição espacial norte-centro-sul; devido basicamente a homogeneização da massa de água por processos de mistura, como visto na Tabela 4.93;

d) em relação à avaliação temporal, Tabela 4.94, foi constatado uma baixa concordância entre os dados estimados (modelados) e os dados reais quanto das análises realizadas em intervalos de tempo pequeno (horas) e uma boa concordância nas medidas feitas quando o intervalo foi significativo (meses), mostrando que quanto maior o intervalo

considerado (dias, semanas ou meses) melhor será a previsão e conseqüentemente a concordância entre os dados teóricos (obtidos pelo modelo) e os dados práticos (reais) devido basicamente de ter-se um maior número possível de passos na geração do modelo;

e) para que os valores estocásticos (decorrente do modelo) se aproximem mais facilmente dos valores reais (diminuição do erro probabilístico); existe a necessidade de implementação de um parâmetro nas matrizes de transição, item 4.3.1.4, referente, provavelmente, aos parâmetros hidrodinâmicos do sistema em estudo, visto que estes parâmetros são fundamentais nos fluxos de matéria e energia;

f) como a dinâmica biológica nem sempre é linear, os organismos não podem acompanhar imediatamente e perfeitamente as mudanças do ambiente. Desta forma, existem atrasos de tempo específico entre a ocorrência de distúrbios físicos e seus efeitos em sistemas biológicos, confirmando assim os pressupostos de Harris (1986) *apud* Millet e Cecchi (1992). Isto foi verificado nas análises estocásticas, quando avaliando parâmetros espaciais, onde em alguns pontos o valor do erro encontrado entre os passos (matriz de transição), foram significativos (Tabela 4.89), isto também pode ser observado no item 4.3.1.4 quando avaliou-se o tempo de residência de matéria no sistema;

g) respostas do sistema no sentido horizontal foram mais efetivas do que no sentido vertical, visto que em apenas alguns passos (matriz de transição) foi possível observar o padrão de distribuição vertical, sendo que nestes poucos pontos, segundo Cardoso (2001), na Lagoa Itapeva o vento apresentava-se em processo de estagnação e conseqüentemente pouca turbulência foi gerada entre superfície e fundo da Lagoa;

h) a turbulência pode causar impacto substancial no funcionamento biológico de comunidades aquáticas, na sua dinâmica e na composição de espécies como visto nos resultados obtidos por Cardoso (2001) e confirmado nos resultados descritos na análise dos dados decorrentes dos balanços materiais realizados para cada ponto amostral; e apresentados nos itens 4.3.1.3 (referentes a normalização dos fluxos de entrada e saída) e 4.3.1.4 (análise estocástica através do item referente à transferência intercompartimental);

i) segundo Cardoso (2001) apesar de que sob condições de turbulência normal, populações em lagos rasos podem ser esperadas a permanecer distribuídas homoganeamente na coluna d'água, pode-se assim observar que o deslocamento de massa entre os pontos da

coluna d'água é significativamente perturbado, sendo de difícil avaliação pelo modelo estocástico como visto no item 4.3.1.4 (análise estocástica da Lagoa Itapeva).

5.2. Recomendações

Durante este trabalho pode-se vislumbrar diversas outras direções nas quais seria possível desenvolver outras pesquisas dentro desta mesma linha. Com isto alguns pontos são relatados a seguir justificando novas iniciativas.

A avaliação dos nutrientes quanto à sua distribuição nas cadeias e/ou redes alimentares é de grande importância. No caso de ambientes aquáticos o fitoplâncton tem um papel importante nesta distribuição, assim sendo é importante o estudo de como a composição química das algas afeta a produção, a dinâmica e o desenvolvimento da população de zooplâncton herbívoros. A qualidade de alimento tem sido bastante estudada quando se fala em herbívoros terrestres (Dale, 1988; Breman e De Wit, 1983, Belovsky, 1981 e Grasman e Hellgren, 1993), contudo existem poucas referências significativas no que tange ao estudo de ambientes aquáticos (mesmo em periódicos especializados o número de referências que tratam de ambientes aquáticos é pouco significativa no que tange ao enfoque de transferência nutricional sendo focado normalmente macro-transferência de nutrientes ou avaliações de cadeias ou teias tróficas);

Comparado às plantas terrestres, o fitoplâncton é pouco “defendido” quimicamente e geralmente apresenta índices muito baixos de carbono comparados com outros elementos essenciais das plantas terrestres, principalmente devido à falta de estruturas de sustentação. Normalmente as algas são consideradas um alimento de qualidade relativamente elevada para os animais que as utilizam como alimento (Sterner, 1997). Não obstante, trabalhos recentes indicam que as algas podem ser, de fato, pobres em qualidade para o zooplâncton (Müller-Navarra, 1995; Brett e Müller-Navarra, 1997; DeMott e Müller-Navarra, 1997; Sterner & Hesse, 1994, Sundbom & Vrede, 1997 e Urabe et al., 1997).

Em função disto, utilizando-se o modelo proposto e utilizando dados laboratoriais poder-se-ia:

a) avaliar a taxa de crescimento do zooplâncton em relação a diferentes componentes químicos (fósforo, potássio, nitrogênio, entre outros). Assim, pode-se também avaliar a importância da qualidade dos alimentos (fitoplâncton) para o zooplâncton;

b) avaliar a interação dos alimentos, com o objetivo de observar quando e onde a qualidade e quantidade de alimento é uma característica importante na ecologia do zooplâncton, considerando-se que os organismos heterotróficos tem duas necessidades principais em relação a sua alimentação: energia para o metabolismo e material estrutural para a geração de biomassa. Este estudo complementaria os trabalhos de Anderson (1992), Hessen (1992) e Urabe e Watanabe (1992).

c) avaliação e adaptação do modelo proposto por Sterner (1997), para outros elementos utilizando o modelo estudado aqui, visto que o modelo proposto pelo autor tem como objetivo caracterizar a forma com que o carbono e o fósforo se comportam no metabolismo de zooplânctons. No seu estudo, Sterner (1997) caracterizou que o carbono é essencial para a energia e para a biomassa, enquanto que o fósforo é considerado somente no que diz respeito às características estruturais do indivíduo. Desta forma, significa que o fósforo não é perdido pelo animal devido ao metabolismo, ao contrário do carbono que é degradado na forma de CO_2 e outras perdas. Segundo o autor o fósforo, naturalmente, tem a participação essencial na respiração e em outros caminhos metabólicos, mas pode-se pensar em um *pool* de fósforo reciclado dentro do animal durante o processo metabólico.

Outros pontos que devem ser tratados em trabalhos futuros são:

a) implementação de compartimentos adicionais no estudo da Lagoa Itapeva, como peixes, por exemplo;

b) realização de novas campanhas semelhantes à desenvolvida por Cardoso (2001) para uma nova validação do sistema no que diz respeito a manter um banco de dados que possibilite o estudo deste e de novos modelos temporalmente;

c) geração de um software, com interface amigável, que possibilite a pesquisa de dados e inter-relações entre subsistemas aquáticos, utilizando como base inicial os dados obtidos e o modelo proposto no trabalho;

d) avaliar relações entre dados de biovolume, biomassa e densidade populacional com dados hidrodinâmicos na Lagoa Itapeva, procurando macro padrões funcionais na Lagoa;

e) avaliação periódica de dados referentes a biovolume e biomassa das espécies determinadas na Lagoa Itapeva, possibilitando assim estudos futuros dos fluxos de massa em lagoas costeiras;

f) utilizar o modelo, como plataforma de avaliação permanente de ecossistemas aquáticos, para prever o tempo de reestabilização do ecossistema após algum tempo de ação externa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOAL, M.; ANGELES PUIG, M.; MATEO, P. e PERONA, E. Implications of cyanophyte toxicity on biological monitoring of calcareous streams in north-east Spain. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.14, n.1, Fev, p.49-56. 2002.
- ACCARDI, L. Cecchini's transition expectations and markov chains. *Lecture Notes in Mathematics*. Berlin. v.1396, p.1-6. 1989.
- ACIESP. ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Glossário de ecologia*. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1987, 271p. (publicação ACIESP, n.57)
- ADAM, C.; GARNIER-LAPLACE, J. e BAUDIN, J.P. Bioaccumulation of ^{110}mAg , ^{60}Co , ^{137}Cs and ^{54}Mn by the Freshwater Crustacean *Daphnia magna* from Dietary sources (*Scenedesmus obliquus* and *Cyclotella meneghiana*). *Water, Air, and Soil Pollution*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.136, n.1-4, Mai, p.125-146. 2002.
- ADAMSSON, M. Potential use of human urine by greenhouse culturing of microalgae (*Scenedesmus acuminatus*), zooplankton (*Daphnia magna*) and tomatoes (*Lycopersicon*). *Ecological Engineering*, Elsevier Science, v.16, n.2, p.243-254. 2000.
- ADRIAN, R. Calanoid-cyclopoid interactions: evidence from an 11-year field study in a eutrophic lake. *Freshwater Biology*, v.38, n.2, Out, p.315-325. 1997.
- AGRAWAL, M.K.; BAGCHI, D. e BAGCHI, S.N. Acute inhibition of protease and suppression of growth in zooplankter, *Moina macrocopa*, by *Microcystis blooms* collected in Central India. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.464, n.1, p.37-44. 2001.
- AGRAWAL, S.C. e PAL, U. Viability of dried vegetative cells or filaments, survivability and/or reproduction under water and light stress, and following heat and UV exposure in some blue-green and green algae. *Folia Microbiol.*, Praha, v.48, n.4, p.501-509. 2003.

- AGREN, G. I. e BOSATA, E. Theory and model or art and technology in ecology. *Ecological Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. v.50, p.213-220. 1990.
- AHMAD, R.; CHU, W.L.; LEE, H.L. e PHANG, S.M. Effect of four *chlorophytes* on larval survival, development and adult body size of the mosquito *Aedes aegypti*. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.13, n.4, p.369-374. 2001.
- AKA, M.; PAGANO, M.; SAINT-JEAN, L.; ARFI, R.; BOUVY, M.; CECCHI, P.; CORBIN, D. e THOMAS, S. Zooplankton Variability in 49 Shallow Tropical Reservoirs of Ivory Coast (West Africa). *International Review of Hydrobiology*, v.85, n.4, Ago, p.491-504. 2000.
- ALBAY, M. e AKCAALAN, R. Comparative study of periphyton colonisation on common reed (*Phragmites australis*) and artificial substrate in a shallow lake, Manyas, Turkey. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.506, n.1, Jan, p.531-540. 2003.
- ALBAY, M. e AKCAALAN, R. Factors influencing the phytoplankton steady state assemblages in a drinking-water reservoir (Ömerli reservoir, Istanbul). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.502, n.1-3, p.85-95. 2003.
- ALEA. Acção local de estatística aplicada. *Dados bivariados*. Disponibilizada em Ago 2000, <http://alea-estp.ine.pt/html/nocoes/html/cap6_4_1.html>
- ALIER, J.M. *Da economia ecológica ao ecologismo popular*. Blumenau: FURB, 1998. 402p.
- ALLAN, D.J. *Aristote: le philosophe*. Louvain: Nauwelaerts, 1962. 248p.
- ALLARD, B. e RAGER, M.N. e TEMPLIER, J. Occurrence of high molecular weight lipids (C₈₀₊) in the trilaminar outer cell walls of some freshwater microalgae. A reappraisal of algaenan structure. *Organic Geochemistry*, Elsevier Science, v.33, n.7, Jul, p.789-801. 2002.
- ALLARD, B. e TEMPLIER, J. Comparison of neutral lipid profile of various trilaminar outer cell wall (TLS)-containing microalgae with emphasis on algaenan occurrence. *Phytochemistry*, Elsevier Science, v.54, n.4, Jun, p.369-380. 2000.
- ALLARD, B. e TEMPLIER, J. High molecular weight lipids from the trilaminar outer wall (TLS)-containing microalgae *Chlorella emersonii*, *Scenedesmus communis* and *Tetraedron minimum*. *Phytochemistry*, Elsevier Science, v.57, n.3, Jun, p.459-467. 2001.
- ALLARD, B.; RAGER, M.N. e TEMPLIER, J. Occurrence of high molecular weight lipids (C₈₀₊) in the trilaminar outer cell walls of some freshwater microalgae. A reappraisal of algaenan structure. *Organic Geochemistry*, Elsevier Science, v.33, n.7, p.789-801. 2002.
- ALLARD, B.; TEMPLIER, J. e LARGEAU, C. An improved method for the isolation of artifact-free algaenans from microalgae. *Organic Geochemistry*, Elsevier Science, v.28, n.9, p.543-548. 1998.

- ALLEN, M.M. e HAWLEY, M.A. Protein degradation and synthesis of cyanophycin granule polypeptide in *Aphanocapsa* sp. **J. Bacteriol.**, v.154, n.3, Jun, p.1480-1484. 1983. ALLEN, M.M. e WEATHERS, P.J. Structure and composition of cyanophycin granules in the cyanobacterium *Aphanocapsa* 6308. **J. Bacteriol.**, v.141, n.2, Fev, p.959-962. 1980. ALLEN, M.M.; HUTCHISON, F. e WEATHERS, P.J. Cyanophycin granule polypeptide formation and degradation in the cyanobacterium *Aphanocapsa* 6308. **J. Bacteriol.**, v.141, n.2, Fev, p.687-693. 1980. ALMEIDA, P.R. Feeding ecology of *Liza ramada* (Risso, 1810) (Pisces, Mugilidae) in a south-western estuary of Portugal. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Elsevier Science, v.57, n.1, Mai, p.313-323. 2003.
- ALVA-MARTINEZ, A.F.; SARMA, S.S.S. e NANDINI, S. Comparative population dynamics of three species of cladocera in relation to different levels of *Chlorella vulgaris* and *Microcystis aeruginosa*. **Crustaceana**, Brill Academic Publishers, v.74, n.8, p.749-764. 2001.
- ALVERSON, A.J. e COURTNEY, G.W. Temporal patterns of diatom ingestion by larval net-winged midges (Diptera: Blephariceridae: Blepharicera). **Freshwater Biology**, v.47, n.11, p.2087-2097. 2002.
- ALVES DA SILVA, S.M. e TORGAN, L. Nota sobre Euglenofíceas (Euglenaceae) de um açude no Morro Santana, Porto Alegre, RS, Brasil. **Iheringia: Sér. Botânica**, v.28, p.95-106. 1981.
- ALZUGARAY, D. e ALZUGARAY, C. **Enciclopédia Compacta de Conhecimentos Gerais**. São Paulo: Editora Três, 1995. 468p.
- AN, S.S.; MÖPPS, B.; WEBER, K. e BHATTACHARYA, D. The origin and evolution of green algal and plant actins. **Molecular Biology and Evolution**, v.16, n.2, p.275-285. 1999.
- ANDRADE, E.L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. 2.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1998. 276p.
- ANNEVILLE, O.; GINOT, V. e ANGELI, N. Restoration of Lake Geneva: Expected versus observed responses of phytoplankton to decreases in phosphorus. **Lakes and Reservoirs: Research and Management**, v.7, n.2, Jun, p.67-80, 2002.
- AOKI, I. Entropy laws in ecological networks at steady state. **Ecologica Modelling**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, v.42, p.289-303. 1988.
- APHA (American Public Health Association). **Standard methods for examination of water and wastewater**. ed. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton 18. ed. Washington: American Public Health Association, 1992. 1268 p.
- ARANCIBIA-AVILA, P.E.; COLEMAN, J.R.; RUSSIN, W.A.; WILCOX, L.W.; GRAHAM, J.M.; GRAHAM, L.E. The role of carbonic anhydrase in the formation of mougeotia (charophyceae) blooms in acidic environments. **Journal of Phycology**, Blackwell Science Inc., v.36, n.3, Dez, p.3-3. 2000.

- ARAÚJO, J.P. e SOUZA, N.J. Sistemas de Leontief. *Teoria e Evidência Econômica*. Passo Fundo. v.6, n.11, Nov., p.123-142. 1998.
- ARHONDITSIS, G.; BRETT, M.T, e FRODGE, J. Environmental control and limnological impacts of a large recurrent spring bloom in Lake Washington, USA. *Environ Manage.*, v.31, n.5, Mai, p.603-618. 2003.
- ARKIN, H. e COLTON, R.R. *Statistical methods*. 5.ed. New York: Barnes & Noble, 1970. 344 p.
- ARMENGOL, X.; BORONAT, L.; CAMACHO, A. e WURTSBAUGH, W.A. Grazing by a dominant rotifer *Conochilus unicornis* Rousset in a mountain lake: in situ measurements with synthetic microspheres. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.446/447, n.1, p.107-114. 2001.
- ARMENGOL, X.; ESPARCIA, A.; MIRACLE, M.R. Rotifer vertical distribution in a strongly stratified lake: a multivariate analysis. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.387/388, n.1, p.161-170. 1998.
- ARTS, M.T. e RAI, H. Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on the production of lipid, polysaccharide and protein in three freshwater algal species. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd, Oxford: UK, v.38, n.3, Dez, p.597-610. 1997.
- ASSAVAAREE, M.; HAGIWARA, A.; IDE, K.; MARUYAMA, K. e LUBZENS, E. Low-temperature preservation (at 4°C) of marine rotifer *Brachionus*. *Aquaculture Research*, v.32, n.1, Jan, p.29-39. 2001.
- ASSAVAAREE, M.; HAGIWARA, A.; KOGANE, T. e ARIMOTO, M. Effect of temperature on resting egg formation of the tropical SS-type rotifer *Brachionus rotundiformis* Tschugunoff. *Fisheries Science*, v.69, n.3, Jun, p.520-528. 2003.
- ASTIER, C. e ESPARDELLIER, F. A genetic transfer system in a cyanophyte of the genus *Aphanocapsa*. *C. R. Acad. Sci. Hebd. Seances. Acad. Sci. D.*, v.282, n.8, Fev, p.795-797. 1976.
- AUER, B. e ARNDT, H. Taxonomic composition and biomass of heterotrophic flagellates in relation to lake trophy and season. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.46, n.7, p.959-972. 2001.
- BADII, R. e POLITI, A. *Complexity: hierarchical structures and scaling in physics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 318p. (Cambridge nonlinear science series; v.6)
- BAER, K.N. e GOULDEN, C.E. Evaluation of a high-hardness COMBO medium and frozen algae for *Daphnia magna*. *Ecotoxicol Environ Saf.*, v.39, n.3, Mar, p.201-206. 1998.
- BAHNWART, M.; HUBENER, T. e SCHUBERT, H. Downstream changes in phytoplankton composition and biomass in a lowland river-lake system (Warnow River, Germany). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.391, n.1, p.99-111. 1998.

- BAIRD, D. e ULANOWICZ, R.E.. The seasonal dynamics of the chesapeake bay ecosystem. *Ecological Monographs*. v.59, n.4, p.329-364. 1989.
- BAKER, P.D.; BROOKES, J.D.; BURCH, M.D.; MAIER, H.R. e GANF, G.G. Advection, growth and nutrient status of phytoplankton populations in the lower River Murray, South Australia. *Regulated Rivers: Research & Management*, v.16, n.4, p.327-344. 2000.
- BARAM, M. *Las empresas transnacionales y la divulgacion de la informacion sobre los riesgos de la industria*. Nueva York: Naciones Unidas, 1992. 112 p. (Serie sobre el medio ambiente; n.1)
- BARBER, M.C. A Markovian model for ecosystem flow analysis. *Ecol. Modelling*, v.5, p.193-206. 1978a.
- BARBER, M.C. A retrospective Markovian model of ecosystem resource flow. *Ecological Modelling*, v.5, p.125-135. 1978b.
- BARBER, M.C.; PATTEN, B.C. e FINN, J.T. Review and evaluation of input-output flow analysis for ecological applications. In: MATIS, J.H.; PATTEN, B.C. e WHITE, G.C. *Compartmental Analysis of Ecosystem Models*. Maryland: International Co-operative Publishing House, 1979. p.43-72.
- BARBIERI, A.; MOSELLO, R. e SIMONA, M. Chemical and biological features of a high altitude lake in the southern Alps (Laghetto Inferiore, Switzerland). *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.6, n.1, Mar, p.49-61. 2001.
- BARIBWEGURE, D. e SEGERS, H. Rotifera from Burundi: the *Lepadellidae* (Rotifera: Monogononta). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.446/447, n.1, Mar, p.247-254. 2001.
- BARILLE, L.; HAURE, J.; PALES-ESPINOSA, E. e MORANCAIS, M. Finding new diatoms for intensive rearing of the pacific oyster (*Crassostrea gigas*): energy budget as a selective tool. *Aquaculture*, Elsevier Science, v.217, n.1, p.501-514. 2003.
- BARNDORFF-NIELSEN, O.E. e JØRGENSEN, B. Some parametric models on the simplex. *Informes de Matemática. Serie B, Matemática Aplicada*. Rio de Janeiro, n.58, Out., p.1-16. 1989.
- BARONE, R. e NASELLI-FLORES, L. Distribution and seasonal dynamics of *Cryptomonads* in Sicilian water bodies. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.502, n.1-3, p.325-329. 2003.
- BASTOS, R.M.; OLIVEIRA, F.M. e OLIVEIRA, J.P.M. Modelagem do processo de tomada de decisão para alocação de recursos. *Revista de administração*. v.33, n.3, Jul/Set., p.73-82. 1998.
- BASTVIKEN, D.T.E.; CARACO, N.F. e COLE, J.J. Experimental measurements of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) impacts on phytoplankton community composition. *Freshwater Biology*, v.39, n.2, Mar, p.375-386. 1998.

- BATJAKAS, I.E.; EDGAR, R.K. e KAUFMAN, L.S. Comparative feeding efficiency on indigenous and introduced phytoplanktivores from Lake Victoria: Experimental studies on *Oreochromis esculentus* and *Oreochromis niloticus*. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.347, n.1/3, p.75-82. 1997.
- BEAUCLERK, A.A. e SMITH, A.J. Transport of D-glucose and 3-O-methyl-D-glucose in the cyanobacteria *Aphanocapsa* 6714 and *Nostoc* strain Mac. *European Journal of Biochemistry*, v.82, n.1, Jan, p.187-197. 1978.
- BECKER, V. *Variação da estrutura e da biomassa fitoplânctônica na Lagoa Itapeva (Litoral Norte do Rio Grande do Sul) em função da hidrodinâmica*. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Curso de Pós-Graduação em Ecologia. Porto Alegre, BR-RS, 2002. 125p.
- BEGON, M.; HARPER, J.L. e TOWNSEND, C.R. *Ecology: individuals, populations and communities*. 3.ed. Oxford: Blackwell, 1996. 1068p.
- BEJAN, A. *Advanced engineering thermodynamics*. New York, NY: J. Wiley, 1988. 759p.
- BEL'KOVA, N.L.; CHUNG, H.M. e AHN, T.S. The detection of cyanobacterial cells by a non-fluorescent in situ hybridization. *Method Microbiology*, Kluwer Academic Publishers, v.71, n.3, p.326-330, 2002.
- BELLINZONI, A.M.; CANEVA, G. e RICCI, S. Ecological trends in travertine colonisation by pioneer algae and plant communities. *International Biodeterioration and Biodegradation*, Elsevier Science, v.51, n.3, p.203-210. 2003.
- BELLMAN, R.E. *Introduction to matrix analysis*. 2.ed, New York: Mcgraw-Hill, 1970. 403p.
- BELLMAN, R.E. *Stochastic processes in mathematical physics and engineering*. In: Proceedings of Symposia in Applied Mathematics. New York: Providence, v.16, 1964, p.1-318.
- BELLMAN, R.E. e ADOMIAN, G. *Partial differential equations: new methods for their treatment and solution*. Dordrecht: D.Reidel, 1985. 290p.
- BELOVSKY, G. Food plant selection by a generalist herbivore: the moose. *Ecology*, v.62, p.1020-1030. 1981.
- BELT, S.T.; MASSE, G.; ALLARD, W.G.; ROBERT, J. e ROWLAND, S.J. Novel monocyclic sester- and triterpenoids from the marine diatom, *Rhizosolenia setigera*. *Tetrahedron Letters*, Elsevier Science, v.44, n.51, p.9103-9106. 2003.
- BELT, S.T.; MASSE, G.; ALLARD, W.G.; ROBERT, J. e ROWLAND, S.J. Effects of auxosporulation on distributions of C 25 and C 30 isoprenoid alkenes in *Rhizosolenia setigera*. *Phytochemistry*, Elsevier Science, v.59, n.2, p.141-148. 2002.

- BENAKOUCHE, R. e CRUZ, R.S. *Avaliação monetária do meio ambiente*. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1994. 198p.
- BERG, H.; ZIEGLER, K.; PIOTUKH, K.; BAIER, K.; LOCKAU, W. e VOLKMER-ENGERT, R. Biosynthesis of the cyanobacterial reserve polymer multi-L-arginyl-poly-L-aspartic acid (cyanophycin). Mechanism of the cyanophycin synthetase reaction studied with synthetic primers. *European Journal of Biochemistry*, v.267, n.17, p.5561-5570. 2000.
- BERGER, I. e MAIER, G. The mating and reproductive biology of the freshwater planktonic calanoid copepod *Eudiaptomus gracilis*. *Freshwater Biology*, v.46, n.6, Jun, p.787-794. 2001.
- BERGQUIST, A.M.; CARPENTER, S.R. e LATINO, J.C. Shifts in phytoplankton size structure and community composition during grazing by contrasting zooplankton assemblages. *Limnol. Oceanogr.*, v.30, n.5, p.1037-1045. 1985. et al., 1985
- BERMAN, T. e CHAVA, S. Algal growth on organic compounds as nitrogen sources. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.21, n.8, Ago, p.1423-1437. 1999.
- BERNI, D.A. Análise contra-factual da distribuição de renda no Brasil: uma perspectiva de insumo-produto. *Texto para Discussão: CPGE*. Porto Alegre. n.3, Mar., p.1-14. 1994a.
- BERNI, D.A. The role of different demand categories on the brazilian miracle: an input-output perspective. *Texto para Discussão: CPGE*. Porto Alegre. n.7, Jun., p.1-35. 1994b.
- BERTRU, G. The effect of bacterial activity in sediments on the growth of *Trachelomonas hispida*. *C. R. Acad. Sci. Hebd. Seances. Acad. Sci. D.*, v.280, n.6, Fev, p.771-774. 1975.
- BEST, J.H.; EDDY, F.B. e CODD, G.A. Effects of *Microcystis* cells, cell extracts and lipopolysaccharide on drinking and liver function in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Walbaum. *Aquatic Toxicology*, Elsevier Science, v.64, n. 4, p.419-426. 2003.
- BETTEZ, N.D.; RUBLEE, P.A.; O'BRIEN, J. e MILLER, M.C. Changes in abundance, composition and controls within the plankton of a fertilised arctic lake. *Freshwater Biology*, v.47, n.2, Fev, p.303-311. 2002.
- BEYENS, L. e CHARDEZ, D. *Testate Amoebae* (Rhizopoda, Testaceae) from South-West Ireland. *Arch. Protistenkd.* Jena, Alemanha, DE: Gustav Fischer. v.128, p.109-126. 1984.
- BIRGE, J.R. e LOUVEAUX, F. *Introduction to stochastic programming*. New York: Springer, 1997. 421p.
- BISOVA, K.; VITOVA, M. e ZACHLEDER, V. The activity of total histone H1 kinases is related to growth and commitment points while the p13^{suc1}-bound kinase activity

relates to mitoses in the alga *Scenedesmus quadricauda*. ***Plant Physiology and Biochemistry***, Elsevier Science, v.38, n.10, p.755-764. 2000.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.D.C. Detection of potential microcystin-producing cyanobacteria in Brazilian reservoirs with a mcyB molecular marker. ***Harmful Algae***, Elsevier Science, v.2, n.1, p.51-60. 2003.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.D.C.; DE OLIVEIRA, M.C. e BOLCH, C.J.S. Genetic variability of brazilian strains of the *Microcystis aeruginosa* complex (cyanobacteria/cyanophyceae) using the phycocyanin intergenic spacer and flanking regions (cpc BA). ***Journal of Phycology***, Blackwell Publishing, v.37, n.5, p.810-818. 2001.

BLACKMORE, S.; STEINMANN, J.A.J.; HOEN, P.P. e PUNT, W. *Betulaceae* and *Corylaceae*. ***Review of Palaeobotany and Palynology***, Elsevier Science, v.123, n.1, Fev, p.71-98. 2003.

BLAIN, S.; SEDWICK, P.N.; GRIFFITHS, F.B.; QUEGUINER, B.; BUCCIARELLI, E.; FIALA, M.; PONDAVEN, P. e TREGUER, P. Quantification of algal iron requirements in the Subantarctic Southern Ocean (Indian sector). ***Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography***, Elsevier Science, v.49, n.16, p.3255-3273. 2002.

BLINN, D.W. e BAILEY, P.C.E. Land-use influence on stream water quality and diatom communities in Victoria, Australia: a response to secondary salinization. ***Hydrobiologia***, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.466, n.1, Dez, p.231-244. 2001.

BLOKKER, P.; SCHOUTEN, S.; DE LEEUW, J.W.; DAMSTE, J.S.S.; VAN DEN ENDE, H. A comparative study of fossil and extant algaenans using ruthenium tetroxide degradation. ***Geochimica et Cosmochimica Acta***, Elsevier Science, v.64, n.12, Jun, p.2055-2065. 2000.

BLOKKER, P.; SCHOUTEN, S.; VAN DEN ENDE, H.; DE LEEUW, J.W. e DAMSTE, J.S.S. Cell wall-specific ω -hydroxy fatty acids in some freshwater green microalgae. ***Phytochemistry***, Elsevier Science, v.49, n.3, Out, p.691-695. 1998a.

BLOKKER, P.; SCHOUTEN, S.; VAN DEN ENDE, H.; DE LEEUW, J.W.; HATCHER, P.G. e DAMSTE, J.S.S. Chemical structure of algaenans from the fresh water algae *Tetraedron minimum*, *Scenedesmus communis* and *Pediastrum boryanum*. ***Organic Geochemistry***, Elsevier Science, v.29, n.5, p.1453-1468. 1998b.

BOLDRINI, J.L.; COSTA, S.I.R.; FIGUEIREDO, V.L. e WETZLER, H.G. ***Algebra linear***. 3.ed., São Paulo: Harbra, 1986. 411p.

BOLTOVSKOY, E. e LENA, H. Contribution à l'Etude des *Thecamoebiens* de la Province de Buenos aires. ***Hydrobiologia***, v.38, p.441-451. 1971.

BONECKER, C.C.; LANSAC-TÔHA; F.A.; VELHO; L.M.F. e ROSSA, D.C. The temporal distribution pattern of *copepods* in Corumbá Reservoir, State of Goiás, Brazil. ***Hydrobiologia***, v.453, p.375-384. 2001.

- BONNET, L. Faunistique et biogeographie des Thecamoebiens VIII - Thecamoebiens de quelques sols d'Indonesie. *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, v.121, p.13-15. 1985.
- BONNET, L. Le Peuplement *Thecamoebien* des Mousses Corticoles. *Protistologica*, v.9, n.3, p.319-338. 1973
- BONNET, L. Le peuplement *Thecamoebien* edaphique de la Cote-D'Ivoire. Sols de la Region de Lamto. *Protistologica*. Paris:Centre National de la Recherche Scientifique, v.12, n.4, p.539-554. 1976.
- BONNET, L. Types morphologiques, ecologie et evolution de la theque chez les *Thecamoebiens*. *Protistologica*. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, v.11, n.3, p.363-378. 1975.
- BONNET, M.P. e POULIN, M. Numerical modelling of the planktonic succession in a nutrient-rich reservoir: environmental and physiological factors leading to *Microcystis aeruginosa* dominance. *Ecological Modelling*, Elsevier Science, v.156, n.2, p.93-112. 2002.
- BONNY, S. e JONES, B. Microbes and mineral precipitation, Miette Hot Springs, Jasper National Park, Alberta, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, NRC Research Press, v.40, n.11, p.1483-1500. 2003a.
- BONNY, S. e JONES, B. Relict tufa at Miette Hot Springs, Jasper National Park, Alberta, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, NRC Research Press, v.40, n.11, p.1459-1481. 2003b.
- BONUS, H. *El medio ambiente en la economia social de mercado*. Buenos Aires: Ciedla, 1990. 128p.
- BORMANS, M. e WEBSTER, I. Modelling the spatial and temporal variability of diatoms in the River Murray. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.21, n.3, p.581-598. 1999.
- BORONAT, L.; MIRACLE, M.R. e ARMENGOL, X. Cladoceran assemblages in a mineralization gradient. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.442, n.1, p.75-88. 2001.
- BOS, D.G. e CUMMING, B.F. Sedimentary *Cladoceran remains* and their relationship to nutrients and other limnological variables in 53 lakes from British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, NRC Research Press, v.60, n.10, p.1177-1189. 2003.
- BOTES, L.; PRICE, B.; WALDRON, M. e PITCHER, G.C. A simple and rapid scanning electron microscope preparative technique for delicate "gymnodinioid" dinoflagellates. *Microscopy Research and Technique*, v.59, n.2, p.128-130. 2002.
- BOTKIN, D.B.; JANAK, J.F. e WALLIS, J.R.. Rationale, limitations, and assumptions of a northeastern forest growth simulator. *IBM Journal Of Research And Development*, v.16, 1972. p.101-116.

- BOURRELLY, P. *Les algues d'eau douce – Algues bleues et rougess*. Paris: Ed. N. Boubeé & Cie, 1970. 512p.
- BOURRELLY, P. *Les algues d'eau douce – Algues jaunes et brunes*. Paris: Ed. N. Boubeé & Cie., 1968. 438p.
- BOYER, S.C.; JOHANSEN, J.R. e FLECHTNER, V.R. Characterization of the 16s rRNA gene and associated 16s-23s its region in microcoleus (cyanophyta). *Journal of Phycology*, v.37, n.3, Jun, p.7-8, 2001.
- BRADSHAW, E.G. e ANDERSON, N.J. Validation of a diatom-phosphorus calibration set for Sweden. *Freshwater Biology*, v.46, n.8, p.1035-1048. 2001.
- BRADSHAW, E.G.; ANDERSON, N.J.; JENSEN, J.P. e JEPPESEN, E. Phosphorus dynamics in Danish lakes and the implications for diatom ecology and palaeoecology. *Freshwater Biology*, v.47, n.10, p.1963-1975. 2002.
- BRAILE, P.M. *Dicionário inglês/português de termos técnicos de ciências ambientais*. Rio de Janeiro: SESI, 1992. 481p.
- BRANCO, C.W.C.; ESTEVES, F.A. e KOZLOWSKY-SUZUKI, B. The zooplankton and other limnological features of a humic coastal lagoon (Lagoa Comprida, Macé, R.J.) in Brazil. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.437, n.1/3, Out, p.71-81. 2000.
- BRANCO, C.W.C.; ROCHA, M.I.A.; PINTO, G.F.S.; GÔMARA, G.A. e DE FILIPPO, R. Limnological features of Funil Reservoir (R.J., Brazil) and indicator properties of rotifers and cladocerans of the zooplankton community. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.7, n.2, Jun, p.87-92. 2002.
- BRANER, M. A simple random path method for the analysis of flow networks. *Ecological Modelling*, v.28, p.165-180. 1985.
- BRECKLING, B. Uniqueness of ecosystems versus generalizability and predictability in ecology. *Ecological Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., v.55, p.1-26. 1992.
- BREMAN, H. e DE WIT, C.T. Rangeland Productivity in the Sahel. *Science*, v.221, p.1341-1347. 1983.
- BRENDELBERGER, H. Coprophagy: a supplementary food source for two freshwater gastropods? *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd., Oxford: UK, v.38, n.1, Ago, p.145-157. 1997.
- BRENDONCK, L.; MAES, J.; ROMMENS, W.; DEKEZA, N.; NHIWATIWA, T.; BARSON, M.; CALLEBAUT, V.; PHIRI, C.; MOREAU, K.; GRATWICKE, B.; STEVENS, M.; ALYN, N.; HOLSTERS, E.; OLLEVIER, F. e MARSHALL, B. The impact of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in a eutrophic subtropical impoundment (Lake Chivero, Zimbabwe). II. *Species diversity Archiv für Hydrobiologie*, E. Schweizerbart Science Publishers, v.158, n.3, p.389-405. 2003.

- BRIAND, F. e COHEN, J.E. Environmental correlates of food chain length. *Science*. v.238, p.956-960. 1987.
- BROCK, T.C.; VAN DEN BOGAERT, M.; BOS, A.R.; VAN BREUKELLEN, S.W.; REICHE, R.; TERWOERT, J.; SUYKERBUYK, R.E. e ROIJACKERS, R.M. Fate and effects of the insecticide Dursban 4E in indoor Elodea-dominated and macrophyte-free freshwater model ecosystems: II. Secondary effects on community structure. *Arch Environ Contam Toxicol*., v.23, n.4, Nov, p.391-409. 1992.
- BRODY, D.E. e BRODY, A.R. *As sete maiores descobertas científicas da história*. São Paulo: Companhia das Letras, 1999. 436p.
- BRONSTEIN, M.; SCHUTZ, M.; HAUSKA, G.; PADAN, E. e SHAHAK, Y. Cyanobacterial sulfide-quinone reductase: cloning and heterologous expression. *J. Bacteriol.*, v.182, n.12, Jun, p.3336-3344. 2000.
- BROOKES, J.D. e GANF, G.G. Variations in the buoyancy response of *Microcystis aeruginosa* to nitrogen, phosphorus and light. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.23, n.12, p.1399-1411. 2001.
- BROOKS, J.L. *Cladocera*. In: Freshwater Biology. Edmondson, W.T., ed.. New York: John Wiley & Son. p.587-656. 1959.
- BROSNAN, S.; TRIEMER, RE. Phylogeny of the *Euglenoid loricata* genera *Trachelomonas* and *Strombomonas* based on morphological and molecular data. *Journal of Phycology*, v.39, n.1, Jun, p.5-5. 2003.
- BROWN, L.M. Uptake of carbon dioxide from flue gas by microalgae. *Energy Conversion and Management*, Elsevier Science, v.37, n.6, Jun, p.1363-1367. 1996.
- BROWN, P.J.P.; ZAKRY, B. e FARMER, M.A. Plastid morphology, ultrastructure, and development in colacium and the *Loricata euglenophytes* (Euglenophyceae). *Journal of Phycology*, v.39, n.1, Fev, p.115-121. 2003.
- BRUNBERG, A.K. e BLOMQUIST, P. Recruitment of *Microcystis* (Cyanophyceae) from lake sediments: the importance of littoral inocula. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.39, n.1, p.58-63. 2003.
- BUARQUE, C. e OCHOA, H. *Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática*. 12.ed. Rio de Janeiro/RJ: Campus, 1999. 266p.
- BUCHHEIM, M.A.; MICHALOPULOS, E.A. e BUCHHEIM, J.A. Phylogeny of the chlorophyceae with special reference to the *Sphaeropleales*: a study of 18s and 26s RDNA data. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.37, n.5, Out, p.819-835. 2001.
- BUCHHOLZ, R.A. *Business environment and public policy: implications for management*. 5ed., New Jersey: Prentice Hall, 1995. 684p.
- BULLERJAHN, G.S. e SHERMAN, L.A. Immunological characterization of photosystem II chlorophyll-binding proteins from the cyanobacterium, *Aphanocapsa* 6714. *J. Bioenerg. Biomembr*, v.18, n.4, Ago, p.285-293. 1986.

- BULLERJAHN, G.S.; RIETHMAN, H.C. e SHERMAN, L.A. Organization of the thylakoid membrane from the heterotrophic cyanobacterium, *Aphanocapsa* 6714. **Biochim Biophys Acta.**, v.10, n.2, Nov, p.148-157. 1985.
- BULMER-THOMAS, V. **Input-output analysis in developing countries: sources, methods and applications.** Chichester: John Wiley & Sons, 1982. 297p.
- BUNGARTZ, B. e BRANSTRATOR, D.K. Morphological changes in *Daphnia mendotae* in the chemical presence of *Bythotrephes longimanus*. **Archiv für Hydrobiologie**, E. Schweizerbart Science Publishers, v.158, n.1, p.97-108. 2003.
- BURBIDGE, S.M.; SCHRÖDER-ADAMS, C.J. Thecamoebians in Lake Winnipeg: a tool for Holocene paleolimnology. **Journal of Paleolimnology**, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.19, n.3, Mar, p.309-328. 1998.
- BURGI, H. e STADELMANN, P. Change of phytoplankton composition and biodiversity in Lake Sempach before and during restoration. **Hydrobiologia**, Kluwer Academic Publishers, v.469, n.1, p.33-48. 2002.
- BURJA, A.M.; ABOU-MANSOUR, E.; BANAIKS, B.; PAYRI, C.; BURGESS, J.C. e WRIGHT, P.C. Culture of the marine cyanobacterium, *Lyngbya majuscula* (Oscillatoriaceae), for bioprocess intensified production of cyclic and linear lipopeptides. **Journal of Microbiological Methods**, Elsevier Science, v.48, n.2, p.207-219. 2002.
- BURKERT, U.; HYENSTRAND, P.; DRAKARE, S. e BLOMQVIST, P. Effects of the mixotrophic flagellate *Ochromonas* sp. on colony formation in *Microcystis aeruginosa*. **Aquatic Ecology**, Kluwer Academic Publishers, v.35, n.1, p.11-17. 2001.
- BURNS, C.A.R.W. Crowding-induced changes in growth, reproduction and morphology of *Daphnia*. **Freshwater Biology**, Blackwell Publishing, v.43, n.1, p.19-29. 2000.
- BURNS, T.P.; HIGASHI, M.; WAINRIGHT, S.C. e PATTEN, B.C. Trophic unfolding of a continental shelf energy-flow network. **Ecol. Modelling**, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., v.55, p.1-26. 1991.
- BUSSAB, W.O. e MORETTIN, P.A. **Estatística básica**. 4.ed. São Paulo: Atual, 1987. 321p.
- CALIJURI, M.C.; DOS SANTOS, A.C.A. e JATI, S. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, S.P.-Brazil). **Journal of Plankton Research**, Oxford University Press, v.24, n.7, p.617-634. 2002.
- CALLEGARO, V.L.M.; SILVA, K.R.L.M. e SALOMONI, S.E. Flórula diatomológica de ambientes lênticos e lóticos do Parque Florestal Estadual o Turvo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia: Sér. Botânica**, v.43, p.89-134. 1993.
- CALLIARI, D.; SANZ, K.; MARTÍNEZ, M.; CERVETTO, G.; GÓMEZ, M. e BASSO, C. Comparison of the predation rate of freshwater cyclopoid copepod species on larvae of the mosquito *Culex pipiens*. **Medical & Veterinary Entomology**, Blackwell Science Ltd., v.17, n.3, p.339-342. 2003.

- CAMACHO, A.; VICENTE, E. e MIRACLE, M.R. Ecology of Cryptomonas at the chemocline of a karstic sulfate-rich lake. *Marine and Freshwater Research*. CSIRO PUBLISHING, v.52, n.5, p.805-815. 2001.
- CAMEY, S.A. *Análise de metaestabilidade em cadeias de markov finitas através de grafos*. 1998. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Matemática. Curso de Pós-Graduação em Matemática. Porto Alegre, BR-RS, 1998. 75p.
- CAMPBELL, L.; ÖRNLFSDTTIR, E.; SIMON, N.; GUILLOU, L.; GROBEN, R.; LANGE, M. e MEDLIN, L.K. Oligonucleotide probes for the identification of three algal groups by dot blot and fluorescent whole-cell hybridization. *The Journal of Eukaryotic Microbiology*, v.47, n.1, p.76-84. 2000.
- CAMPOS, I.F.P. e SENNA, P.A.C. Nostocophyceae (Cyanophyceae) da Lagoa Bonita, Distrito Federal, Brasil. Parte 1. *Acta Bot. Bras.*, v.2, n.1-2, p.7-30. 1988.
- CANEPA, E.M.; GRASSI, L. e TIMM, A. Estado e meio ambiente: o caso das águas no Rio Grande do Sul. *Adverso: Revista da Associação de Docentes da UFRGS*. Porto Alegre. v.5, n.7, Jul., p.73-77. 1995.
- CAPOLINO, E. Tolerance to mercury chloride in Scenedesmus strains. *Biometals*, v.10, n.2, p.85-94. 1997.
- CARAFÀ, A.; DUCKETT, J.G. e LIGRONE, R. Subterranean gametophytic axes in the primitive liverwort *Haplomitrium harbour* a unique type of endophytic association with aseptate fungi. *New Phytologist*, v.160, n.1, Out, p.185-197. 2003.
- CARDOSO, L.S. *Variações da estrutura plantônica da lagoa Itapeva (Sistema Lagunar Costeiro do Rio Grande do Sul) em função da hidrodinâmica*. 2001. 466f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre, 2001.
- CARLSON, R.A. *Statistics*. San Francisco: Holden-Day, 1973. 393p.
- CARMOUZE, J.P. *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas*. São Paulo: Editora Edgard Blücher – FAPESP. 1994. 253p.
- CARRIAS, J.F.; AMBLARD, C.; QUIBLIER-LLOBERAS, C. e BOURDIER, G. Seasonal dynamics of free and attached heterotrophic nanoflagellates in an oligomesotrophic lake. *Freshwater Biology*, v.39, n.1, Fev, p.91-101. 1998.
- CARRICK, H.J.; ALDRIDGE, F.J. e SCHELSKE, C.L. Wind influences phytoplankton biomass and composition in a shallow, productive lake. *Limnol. Oceanogr.*, v.38, n.6, p.1179-1192. 1993.
- CARTY, S. Freshwater *Dinoflagellates* of Belize, C.A. *Journal of Phycology*, v.36, n.3, p.11. 2000.

- CARTY, S. e HALL, J.D. *Desmids and Dinoflagellates of Ecuador*. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.38, n.s1, p.2. 2002.
- CARVALHO, B.A. *Glossário de saneamento e ecologia*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1981. 203p.
- CARVALHO, J.C.M. *A conservação da natureza e recursos naturais na Amazônia brasileira*. Rio de Janeiro: Fund. Brasileira para a Conservação da Natureza, 1966. 47p.
- CASAMATTA, D.A. e VIS, M.L. Some phylogenetic relationships within the *Oscillatoriales* (Cyanobacteria) *clade* using 16s rDNA gene sequence data. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.36 (Suplemento 3), n.1, p.11. 2000.
- CASSANO, C.R.; CASTILHO-NOLL, M.S.M e ARCIFA, M.S. Water mite predation on zooplankton of a tropical lake. *Braz. J. Biol.*, v.62, n.4a, Nov, p.565-571. 2002.
- CASSARRO, A.C. *Sistemas de informações para tomada de decisões*. 3.ed. São Paulo: Pioneira, 1999. 129p.
- CATTANEO, A.; GALANTI, G.; GENTINETTA, S. e ROMO, S. Epiphytic algae and macroinvertebrates on submerged and floating leaved macrophytes in an Italian lake. *Freshwater Biology*, v.39, n.4, Jun, p.725-740. 1998.
- CECAL, A.; POPA, K.; POTOROACA, V. e MELNICIUC-PUICA, N. Decontamination of radioactive liquid wastes by hydrophytic vegetal organisms. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.251, n.2, p.257-261. 2002.
- CERBIN, S.; BALAYLA, D.J. e VAN DE BUND, W.J. Small-scale distribution and diel vertical migration of zooplankton in a shallow lake (Lake Naardermeer, the Netherlands). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.491, n.1, Jan, p.111-117. 2003.
- CERVANTES-MARTINEZ, A.N.; GUTIERREZ-AGUIRRE, M. e ELIAS-GUTIERREZ, M. Description of *Ilyocryptus nevadensis* (Branchiopoda, Anomopoda), a new species from a high altitude Crater Lake in the Volcano Nevado de Toluca, Mexico. *Crustaceana*, Brill Academic Publishers, v.73, n.3, p.311-321. 2000.
- CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental). *Determinação de pigmentos fotossintetizantes clorofila-a, b e c e feofitina*. Método de Ensaio L5.306. São Paulo, 1990. 22p.
- CHAN, T.U. e HAMILTON, D.P. Effect of freshwater flow on the succession and biomass of phytoplankton in a seasonal estuary. *Marine and Freshwater Research*, CSIRO PUBLISHING. v.52, n.6, p.869-884. 2001.
- CHANG, K.H. e HANAZATO, T. Seasonal and reciprocal succession and cyclomorphosis of two *Bosmina* species (Cladocera, Crustacea) co-existing in a lake: their relationship with invertebrate predators. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.25, n.2, Feb., p.141-150. 2003.

- CHANG, K.H. e HANAZATO, T. Vulnerability of cladoceran species to predation by the copepod *Mesocyclops leuckarti*: laboratory observations on the behavioural interactions between predator and prey. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.48, n.3, Mar, p.476-484. 2003.
- CHANG, Z.; FLATT, P.; GERWICK, W.H.; NGUYEN, V.; WILLIS, C.L. e SHERMAN, D.H. The barbamide biosynthetic gene cluster: a novel marine cyanobacterial system of mixed polyketide synthase (PKS)-non-ribosomal peptide synthetase (NRPS) origin involving an unusual trichloroleucyl starter unit. *Gene*, Elsevier Science, v.296, n.1, p.235-247. 2002.
- CHAPELLE, A., LAZURE, P. e MENESGUEN, A. Modelling eutrophication events in a coastal ecosystem: Sensitivity analysis. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, v.39, n.6, p.529-548. 1994.
- CHARDEZ, D. Contribution a la connaissance des *Thecamoebiens* des depots lacustres. *Acta Protozoologica*. Warszawa, PL: Polska Akademia Nauk, Instytut Biologii Doswiadczalnej. v.26, n.1, p.59-62. 1987.
- CHARDEZ, D. Etudes sur *Centropyxis aculeata* (Ehrenberg) Stein (Protozoa Rhizopoda Testacea). *Bull. Rech. Agron. Gembloux*, v.1-2, p.76-86. 1970.
- CHARDEZ, D. Protozoaires predateurs de *Thecamoebiens*. *Protistologica*. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, v.21, n.2, p.187-194. 1985.
- CHARDEZ, D. Sur une Methode Simple D'elevage de Quelques Protozoaires. *Protistologica*. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, v.22, n.4, p.453-456. 1986.
- CHARDEZ, D. *Thecamoebiens* recoltes dans des flaques d'eau en Fagne. *Revue Vervietoise d'Histoire Naturelle*, v.37, p.1-3, p.1-5. 1980.
- CHARDEZ, D. e GASPAR, C. Biométrie et morphologie comparées des principaux *Thecamoebiens* des étangs du domaine des Epioux (Lacuisine-luxembourg). *Bull. Rech. Agron. Gembloux*, Gembloux, Belgica, BE: Press Agronomiques. v.17, n.3, p.237-250. 1982.
- CHARDEZ, D.; BOUGARD, L. e GASPAR, C. Les *Thecamoebiens* du Sapropele des Etangs du Domaine des Epioux (Protozoa Rhizopoda Testacea). *Biol. Jb. Dodonaea*, v.57, p.51-61. 1989.
- CHEN, C.W. e SMITH, D.J. Preliminary insights into a three-dimensional ecological-hydrodynamic model. In: *Perspectives on Lake Ecosystem Modeling*. D. SCAVIA, D. e ROBERTSON, A. (eds.). Michigan: Ann Arbor Science. Chapter 10, p.249-279. 1979.
- CHEN, W.H. *The analysis of linear systems*. New York: McGraw-Hill, 1963. 577p.
- CHEN, Y.C. Immobilized microalga *Scenedesmus quadricauda* (Chlorophyta, Chlorococcales) for long-term storage and for application for water quality control in fish culture. *Aquaculture*, Elsevier Science, v.195, n.1, p.71-80. 2001.

- CHENERY, H.B.; ROBINSON, S.; SYRQUIN, M. e FEDER, G. *Industrialization and Growth*. Oxford: Oxford University Press, 1986. 387p.
- CHIOVITTI, A.; BACIC, A.; BURKE, J. e WETHERBEE, R. Heterogeneous xylose-rich glycans are associated with extracellular glycoproteins from the biofouling diatom *Craspedostauros australis* (Bacillariophyceae). *European Journal of Phycology*, Taylor and Francis Ltd., v.38, n.4, Nov, p.351-360. 2003.
- CHIOVITTI, A.; HIGGINS, M.J.; HARPER, R.E.; WETHERBEE, R. e BACIC, A. The complex polysaccharides of the raphid diatom *Pinnularia viridis* (bacillariophyceae). *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.39, n.3, Jun, p.543-554. 2003.
- CHITTAPUN, S. e PHOLPUNTHIN, P. The rotifer fauna of peat-swamps in southern. *Thailand Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.446/447, n.1, Mar, p.255-259. 2001.
- CHITTAPUN, S.; PHOLPUNTHIN, P. e SEGERS, H. Contribution to the knowledge of Thai microfauna diversity: notes on rare peat swamp Rotifera, with the description of a new Lecane Nitzsch, 1872. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.501, n.1-3, p.7-12. 2003.
- CHO, E.S. Cluster analysis on the lectin binding patterns of marine microalgae. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.25, n.3, Mar, p.309-315. 2003.
- CHRZANOWSKI, T.H. e GROVER, J.P. The light : nutrient ratio in lakes: a test of hypothesized trends in bacterial nutrient limitation. *Ecology Letters*, v.4, n.5, p.453-457. 2001.
- CHUNG, K.L. *Markov chains: with stationary transition probabilities*. 2ed. Berlin: Springer-Verlag, 1967. 301p.
- CHUNG, K.L. e WILLIAMS, R.J. *Introduction to stochastic integration*. 2ed. Boston: Birkhauser, 1990. 276p.
- CICCHINO, G.; Silva, E.N.S. e Robertson, B. A new species of *Notodiaptomus* Kiefer, 1936 (*Copepoda*, *Diaptomidae*) from the Amazon and Orinoco River Basins. *Hydrobiologia*, v.453, p.539-548. 2001.
- CIK, A.G; URBANC-BERCIC, O.; KRZIC, N.; KOSI, G. e BRANCELJ, A. The intermittent Lake Cerknica: Various faces of the same ecosystem. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.8, n.3-4, p.159-168. 2003.
- CLARKE, A.B. e DISNEY, R.L. *Probabilidade e processos estocásticos*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1979. 338p.
- CLAVERO, E.; HERNÁNDEZ-MARINÉ, M.; GRIMALT, J.O. e GARCIA-PICHEL, F. Salinity tolerance of diatoms from thalassic hypersaline environments. *Journal of Phycology*, v.36, n.6, Dez, p.1021-1034. 2000.
- CLAY, B.L.; KUGRENS, P. e LEE, R.E. A revised classification of *Cryptophyta*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Elsevier Science, v.131, n.2, p.131-151. 1999.

- CLEGG, M.; MABERLY, S. e JONES, R. Behavioural responses of freshwater phytoplanktonic flagellates to a temperature gradient European. *Journal of Phycology*, Taylor and Francis Ltd., v.38, n.3, p.195-203. 2003a.
- CLEGG, M.R.; MABERLY, S.C. e JONES, R.I. The effect of photon irradiance on the behavioral ecology and potential niche separation of freshwater phytoplanktonic flagellates. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.39, n.4, p.650-662. 2003b.
- COGNIE, B. e BARILLE, L. Does bivalve mucus favour the growth of their main food source, microalgae? *Oceanologica Acta*, Elsevier Science, v.22, n.4, p.441-450. 1999.
- COLES, J.F. e JONES, R.C. Effect of temperature on photosynthesis-light response and growth of four phytoplankton species isolated from a tidal freshwater river. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.36, n.1, p.7-16. 2000.
- COLIN, G.O. Siliceous structures secreted by members of the subclass Lobosia (Rhizopodea: Protozoa). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.)*, v.36, n.4, p.203-207. 1979.
- COLIN, G.O. e FAIRMAN, S. Further observations of pyriform species of *Diffugia* (Rhizopodea). *Arch. Protistenk.*, v.122, p.:372-381. 1979
- CONTRI, A.L. *Fontes do crescimento da economia brasileira : uma analise de insumo-produto do período 70-80*. 1995. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Ciências Econômicas. Curso de Pós-Graduação em Economia. Porto Alegre, BR-RS, 1995 99p.
- CONTRI, A.L. O modelo de insumo-produto e o problema da classificação. *Análise* (Porto Alegre), v.8, n.1, p.71-81. 1997.
- COOPER, A.; McCANN, T.P. e HAMIL, B. Vegetation regeneration on blanket mire after mechanized peat-cutting. *Global Ecology and Biogeography*, v.10, n.3, Mai, p.275-289. 2001.
- COOPER, S.R.; HUVANE, J.; VAITHIYANATHAN, P. e RICHARDSON, C.J. Calibration of diatoms along a nutrient gradient in Florida Everglades Water Conservation Area-2A, USA. *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.22, n.4, Dez, p.413-437. 1999.
- CORAZZA, G. *Teoria econômica e estado: de Quesnay a Keynes*. Porto Alegre: FEE, 1986. 114 p.
- CORDOVA, S.E.; GIFFIN, J. e KIRK, K.L. Food limitation of planktonic rotifers: field experiments in two mountain ponds. *Freshwater Biology*, v.46, n.11, Nov, p.1519-1527. 2001.
- CORREA, J.A.; FAUGERON, S.; MARTÍNEZ, E.; NIMPTSCH, J. e PAREDES, A. Infectious diseases in macro-algae: the effect on host fitness. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.36, n.s3, Dez, p.15-16. 2000.
- COSTA NETO, P.L.O. *Estatística*. São Paulo: Edgard Blucher, 1978. 264p.

- COSTA NETO, P.L.O. e CYMBALISTA, M. *Probabilidades: resumos teóricos, exercícios resolvidos, exercícios propostos*. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 144p.
- COSTA, E.C. *Termodinâmica*. Porto Alegre: Globo, 1973. 2v. (Enciclopedia técnica universal globo; 10) (Física industrial; v.1-2).
- COSTA, J.C.F.. Diatomáceas (bacillariophyceae) da Reserva Biológica de Poço das Antas, município de Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia: Sér. Botânica*, v.46, p.57-143. 1995.
- COUSINS, S. The decline of the trophic level concept. *TREE*, Cambridge: Elsevier Publications. v.2, n.10, p.312-316. 1987.
- COX, E.J. Placoneis Mereschkowsky (*Bacillariophyta*) revisited: resolution of several typification and nomenclatural problems, including the generitype. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.141, n.1, p.53-83. 2003.
- CRAWFORD, S.A.; HIGGINS, M.J.; MULVANEY, P. e WETHERBEE, R. Nanostructure of the diatom frustule as revealed by atomic force and scanning electron microscopy. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.37, n.4, Ago, p.543-554. 2001.
- CREMER, H.; MELLES, M. e WAGNER, B. Holocene climate changes reflected in a diatom succession from Basaltsø, East Greenland. *Canadian Journal of Botany*, National Research Council of Canada, v.79, n.6, Jun, p.649-656. 2001.
- CRISMAN, T.L. Algal remains in Minnesota lake types: A compararison of modern and late-glacial distributions. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, v.20, p.445-451. 1980.
- CRISPIM, M.C. What can dry reservoir sediments in a semi-arid region in Brazil tell us about cladocera? *Hydrobiologia*, v.442, n.1, Jan, p.101-105. 2001.
- CRISTOFOR, S., VADINEANU, A., IGNAT, G. e CIUBUC, C. Factors affecting light penetration in shallow lakes. *Hydrobiologia*, v.275/276, p.493-498. 1994.
- CRONBERG, G. Qualitative and quantitative investigations of phytoplankton in Lake Ringsjön, Scania, Sweden. *Hydrobiologia*, v.404, p.27-40. 1999.
- CRUZ-PIZARRO, L.; CONDE-PORCUNA, J.M. e CARRILLO, P. Diel variation in the egg ratio of *Hexarthra bulgarica* in the high mountain lake La Caldera (Spain). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.387/388, n.1, p.295-300. 1998.
- CUNHA, J.O.G.B. *Curso de contabilidade social*. Salvador: UCSAL, 1992. 311p.
- CUNNINGHAM, L.; STARK, J.S.; SNAPE, I.; McMINN, A. e RIDDLE, M.J. Effects of metal and petroleum hydrocarbon contamination on benthic diatom communities near Casey Station, Antarctica: an experimental approach. *Journal of Phycology*, v.39, n.3, p.490-503. 2003.

- CURDS, C. R.; GATES, M.A. e ROBERTS, D. McL. *British and other freshwater ciliated protozoa. Part II Ciliophora: Oligohymenophora and Polyhymenophora*. Cambridge University Press: The Linnean Society of London. 1983. 474 p.
- DA MOTTA, R.S. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Brasília. 1998. 216p.
- DA MOTTA, R.S. e YOUNG, C.E.F. Recursos naturais e contabilidade social: a renda sustentável da extração mineral no Brasil. Encontro Nacional de Economia (19: 1991: Curitiba, PR). Anais/19. *Encontro Nacional de Economia*. Brasília, DF: ANPEC, 1991. v.2, p.235-252.
- DAJOZ, R. *Ecologia geral*. 4.ed. Petrópolis: Vozes, 1983. 471p.
- DALE, B. Primary and secondary messengers in the activation of ascidian eggs. *Exp. Cell. Res.*, v.177, p.205-211. 1988.
- DAME, R.F. e PATTEN, B.C. Analysis of energy flows in an intertidal oyster reef. *Marine Ecology Progress Series*, v.5, p.115-124. 1981.
- DAMSTE, J.S.S.; SCHOUTEN, S.; RIJSTRA, W.I.C.; HOPMANS, E.C.; PELETIER, H.; GIESKES, W.W.C. e GEENEVASEN, J.A.J. Novel polyunsaturated n -alkenes in the marine diatom *Rhizosolenia setigera*. *European Journal of Biochemistry*, Blackwell Publishing, v.267, n.18, p.5727-5732. 2000.
- DANSEREAU, P. *Ecologia aplicada ao ordenamento*. Lisboa. Centro de Engenharia Biológica, 1978. 472p.
- DAUGBJERG, N. e HENRIKSEN, P. Pigment composition and rbc1 sequence data from the silicoflagellate *Dictyocha speculum*: a heterokont alga with pigments similar to some haptophytes. *Journal of Phycology*, v.37, n.6, Dez, p.1110-1120. 2001.
- DAVIDOVICH, N.A. e BATES, S.S. Sexual reproduction in the pennate diatoms pseudonitzschia multiseriata and p. pseudodelicatissima (*bacillariophyceae*). *Journal of Phycology*, v.34, n.1, p.126-137. 1998.
- DAVILA-APONTE, J.A.; HUSS, V.A.; SOGIN, M.L. e CECH, T.R. A self-splicing group I intron in the nuclear pre-rRNA of the green alga, *Ankistrodesmus stipitatus*. *Nucleic Acids Res.*, 1991 Aug 25;19(16):4429-36.
- DAVIS, J.S. e GIORDANO, M. Biological and physical events involved in the origin, effects, and control of organic matter in solar saltworks. *International Journal of Salt Lake Research*, Kluwer Academic Publishers, v.4, n.4, p.335-347. 1995.
- DAVIS, P.A. e WALSBY, A.E. Comparison of measured growth rates with those calculated from rates of photosynthesis in *Planktothrix* spp. isolated from Blelham Tarn, English Lake District. *New Phytologist*, v.156, n.2, p.225-239. 2002.
- D'AZZO, J.J. e HOUPIS, C.H. *Análise e projeto de sistemas de controle lineares*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. 660p.

- DE ALMEIDA, S.F.P. e GIL, M.C.P. Ecology of freshwater diatoms from the central region of Portugal. *Cryptogamie Algologie*, Elsevier Science, v.22, n.1, p.109-126. 2001.
- DE HOYOS, C. Specific composition and ecology of chrysophyte flagellates in Lake Sanabria (NW Spain). *Hydrobiologia*, v.369, Jan, p.287-295. 1998.
- DE HOYOS, C. e COMIN, F.A. The importance of inter-annual variability for management. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.395, n.1, p.281-291. 1999.
- DE LA ROSA, F.F.; MONTES, O. e GALVÁN, F. Solar energy conversion by green microalgae: A photosystem for hydrogen peroxide production. *Biotechnology and Bioengineering*, v.74, n.6, Set, p.539-543. 2001.
- DE LANGE, H.J. e LÜRLING, M. Effects of UV-B irradiated algae on zooplankton grazing. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.491, n.1-3, Jan, p.133-144. 2003.
- DE LANGE, H.J. e VAN DONK, E. Effects of UVB-irradiated algae on life history traits of *Daphnia pulex*. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd: Oxford, UK, v.38, n.3, p.711-720. 1997.
- DE LANGE, H.J. e VAN REEUWIJK, P.L. Negative effects of UVB-irradiated phytoplankton on life history traits and fitness of *Daphnia magna*. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd, v.48, n.4, p.678-686. 2003.
- DE PAGGI, S.J. A new species of *Lepadella* (Rotifera: Monogononta: Lepadellidae) from the Rio Pilcomayo National Park, Argentina. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.455, n.1/3, Jul, p.223-228. 2001.
- DE RIDDER, M. Contributions to the knowledge of African rotifers I. Rotifers from Senegal. *Hydrobiologia*. Dordrecht, Holanda, NL: Junk, v.120, p.47-51. 1985.
- DE SOUZA, R.C.R.; CARVALHO, M.C. e TRUZZI, A.C. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz.) Seenaya and Subba Raju (*Cyanophyceae*) dominance and a contribution to the knowledge of Rio Pequeno Arm, Billings Reservoir, Brazil Environmental. *Toxicology and Water Quality*, v.13, n.1, p.73-81. 1998.
- DE VIJVER, B.V. e BEYENS, L. A preliminary study on the soil diatom assemblages from Ile de la Possession (Crozet, Subantarctica). *European Journal of Soil Biology*, Elsevier Science, v.34, n.3, Jul, p.133-141. 1999.
- DE VIJVER, B.V. e COHU, R.L. Two new species of the genus *Geissleria* Lange-Bertalot & Metzeltin (Bacillariophyceae) from the Kerguelen and Crozet archipelagos (TAAF, Subantarctica). *Nova Hedwigia*, E. Schweizerbart Science Publishers, v.77, n.3, p.341-349. 2003.
- DE WACHTER, R.; NEEFS, J.M.; GORIS, A. e VAN DE PEER, Y. The gene coding for small ribosomal subunit RNA in the basidiomycete *Ustilago maydis* contains a group I intron. *Nucleic Acids Res.*, v.20, n.6, Mar, 1251-1257. 1992.
- DeFLANDRE, G. La Genre *Arcella ehrenberg* morphologie- biologie. Essai phylogénétique et systématique. *Arch. Protistenk.*, v.64, p.152-287. 1928.

- DeFLANDRE, G. La Genre *Centropyxis* Stein. *Arch. Protistenk.*, v.67, p.323-375. 1929.
- DEGERMENDZHY, A.G.; BELOLIPETSKY V.M.; ZOTINA T.A. e GULATI R.D. Formation of the vertical heterogeneity in the Lake Shira ecosystem: the biological mechanisms and mathematical model. *Aquatic Ecology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.36, n.2, Abr, p.271-297. 2002.
- DEJAK, C.; FRANCO, D.; PASTRES, R.; PECENICK, G. e SOLIDOROC, C. An informational approach to model time series of environmental data through negentropy estimation. *Ecol. Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. v.67, p.199-220. 1993.
- DELLAGRECA, M.; PREVITERA, L.; FIORENTINO, A.; PINTO, G. e POLLIO, A. Prednisolone Biotransformation by the Green Alga T76 *Scenedesmus quadricauda*. *Tetrahedron*, Elsevier Science, v.53, n.24, p.8273-8280. 1997.
- DELLAGRECA, M.; PREVITERA, L.; FIORENTINO, A.; PINTO, G. e POLLIO, A. Bioconversion of 17 β -Hydroxy-17 α -methyl-androsta-1,4-dien-3-one and Androsta-1,4-diene-3,17-dione in Cultures of the Green Alga T76 *Scenedesmus quadricauda*. *Tetrahedron*, Elsevier Science, v.52, n.44, p.13981-13990. 1996.
- DEMERS, S.; THERRIault, J.C.; BOURGET, E. e BAH, A.. Resuspension in the shallow sublittoral zone of a macrotide estuarine environment: wind influence. *Limnol. Oceanogr.*, v.32, n.2, p.327-339. 1987.
- DENICOLA, D.M. A review of diatoms found in highly acidic environments. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.433, n.1/3, Ago, p.111-122. 2000.
- DESCY, J.P.; EVERBECQ, E.; GOSSELAIN, V.; VIROUX, L. e SMITZ, J.S. Modelling the impact of benthic filter-feeders on the composition and biomass of river plankton. *Freshwater Biology*, v.48, n.3, p.404-417. 2003.
- DESCY, J.P.; HIGGINS, H.W.; MACKAY, D.J.; HURLEY, J.P. e FROST, T.M. Pigment ratios and phytoplankton assessment in northern Wisconsin lakes. *Journal of Phycology*, v.36, n.2, p.274-286. 2000.
- DESIKACHARY, T.V. Cyanophyta. New Delhi, Indian Council of Agricultural Research. 1959. 686p.
- DEVETTER, M. Influence of environmental factors on the rotifer assemblage in an artificial lake. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.387/388, n.1, p.171-178. 1998.
- DEWAELE, A.; GUYOT, F.; McLARNON-RICHES, C.J.; ROLPH, C.E.; GREENWAY, D.L.A. e ROBINSON, P.K. Effects of environmental factors and metals on *Selenastrum capricornutum* lipids. *Phytochemistry*, Elsevier Science, v.49, n.5, Nov, p.1241-1247. 1998.

- DIAZ, M.M.; PEDROZO, F.L. e BACCALA, N. Summer classification of Southern Hemisphere temperate lakes (Patagonia, Argentina). *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.5, n.4, p.213-229. 2000.
- DIAZ, M.M.; PEDROZO, F.L. e TEMPORETTI, P.F. Phytoplankton of two Araucanian lakes of differing trophic status (Argentina). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.369/370, n.1, p.45-57. 1998.
- DIAZ, M.M.; TEMPORETTI, P.F. e PEDROZO, F.L. Response of phytoplankton to enrichment from cage fish farm waste in Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina). *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.6, n.2, p.151-158. 2001.
- DIJKMAN, N.A.; VAN VLAARDINGEN, P.L.A. e ADMIRAAL, W.A. Biological variation in sensitivity to N-heterocyclic PAHs; effects of acridine on seven species of microalgae. *Environmental Pollution*, Elsevier Science, v.95, n.1, p.121-126. 1997.
- DIVAKARAN, R. e PILLAI, V.N.S. Flocculation of algae using chitosan. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers, v.14, n.5, p.419-422. 2002.
- DIXIT, A.S.; HALL, R.I.; LEAVITTÁ, P.R.; QUINLAN, R. e SMOL, J.P. Effects of sequential depositional basins on lake response to urban and agricultural pollution: a palaeoecological analysis of the Qu'Appelle Valley, Saskatchewan, Canada. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.43, n.3, p.319-337. 2000.
- DOERING, P.H.; OVIATT, C.A.; NOWICKI, B.L.; KLOS, E.G. e REED, L.W. Phosphorus and nitrogen limitation of primary production in a simulated estuarine gradient. *Marine Ecology Progress Series*, v.124, p.271-287. 1995.
- DOI, H.; KIKUCHI, E.; HINO, S.; ITOH, T.; TAKAGI, S. e SHIKANO, S. Isotopic (^{13}C) evidence for the autochthonous origin of sediment organic matter in the small and acidic Lake Katanuma, Japan. *Marine and Freshwater Research*, CSIRO Publishing, v.54, n.3, Jun, p.253-257. 2003.
- DOKULIL, M. e PADISÁK, J. Long-term compositional response of phytoplankton in a shallow, turbid environment, Neusiedlersee (Austria/Hungary). *Hydrobiologia*, v.275/276, p.125-137. 1994.
- DOKULIL, M. Environmental control of phytoplankton productivity in turbulent turbid systems. *Hydrobiologia*, v.289, p.65-72. 1994.
- DOMITROVIC, Y.Z. Structure and variation of the Paraguay River phytoplankton in two periods of its hydrological cycle. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.472, n.1-3, p.177-196. 2002.
- DONNER, J. *Rotifers*. Trad. H.G.S. Wright. London, Frederick Warne & Co. Ltd. 1966. 80p.
- DONNER, J. Material for the saprobiological analysis of several waters of the Danube-System in Wallsee and in the landscape Lobau, Austria, with special regard to the litoral Rotifers. *Arch.Hydrobiol.*, Suppl., v.52, n.2/3, p.117-228. 1978.

- D'ONOFRIO, M.; ARCELLA, A.; BRUNO, V.; NGOMBA, R.T.; BATTAGLIA, G.; LOMBARI, V.; RAGONA, G.; CALOGERO, A. e NICOLETTI, F. Pharmacological blockade of mGlu2/3 metabotropic glutamate receptors reduces cell proliferation in cultured human glioma cells. *Journal of Neurochemistry*, v.84, n.6, Mar, p.1288-1295. 2003.
- DOWNING, D.; CLARK, J. e FARIAS, A.A. *Estatística*. São Paulo: Saraiva, 1998. 455p.
- DRAKE, D.C. e NAIMAN, R.J. An Evaluation of Restoration Efforts in Fishless Lakes Stocked with Exotic Trout. *Conservation Biology*. v.14, n.6, p.1807-1820. 2000.
- DREYFUS, S.E. e LAW, A.M. *The Art and Theory of Dynamic Programming*. New York: Academic Press, 1977. 284p.
- DUFLO, M. *Random iterative models*. Berlim: Springer, 1997. 385p.
- DUGGAN, I.C.; GREEN, J.D. e SHIEL, R.J. Distribution of rotifer assemblages in North Island, New Zealand, lakes: relationships to environmental and historical factors. *Freshwater Biology*. Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.47, n.2, Fev, p.195-206. 2002.
- DUGGAN, I.C.; GREEN, J.D.; THOMPSON, K. e SHIEL, R.J. The influence of macrophytes on the spatial distribution of littoral rotifers. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.46, n.6, Jun, p.777-786. 2001.
- DUIGAN, C.A.; REID, S.; MONTEITH, D.T.; BENNION, H.; SEDA, J.M. e HUTCHINSON, J. The past, present and future of Llangorse Lake - a shallow nutrient-rich lake in the Brecon Beacons National Park, Wales, UK. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v.9, n.4, p.329-341. 1999.
- DURRETT, R. *Probability: theory and examples*. 2.ed. Belmont: Duxbury, 1996. 503p.
- DUSSART, B.H. Les différentes catégories de plancton. *Hydrobiologia*, v.26, n.1/2, p.72-74. 1965.
- DZHAMBAZOV, B.; BELKINOVA, D. e MLADENOV, R. Karyotypic analysis of two algae species *Scenedesmus incrassatulus* Bohl. and *Scenedesmus antennatus* Bréb. (*Chlorophyta*, *Chlorococcales*). *Hereditas*, v.139, n.1, p.35-40. 2003.
- EAST, T.; HAVENS, K.; RODUSKY, A. e BRADY, M. *Daphnia lumholtzi* and *Daphnia ambigua*: population comparisons of an exotica and a native cladoceran in Lake Okeechobee, Florida. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.21, n.8, p.1537-1551. 1999.
- EDBERG, F. Reacidification effects on water chemistry and plankton in a limed lake in Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution*, v.130, n.1, Ago, p.1763-1768. 2001.
- EDEY, H.C. e PEACOCK, A.T. *Renda nacional e contabilidade social*. 2.ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1967. 276p.

- EDGAR, S.M. e ANDERSEN, R.A. The ssystematics of *Ochromonas* (chrysophyceae). *Journal of Phycology*, v.39, n.s1, Jun, p.14-14. 2003.
- EDMONDSON, W.T.; WARD, H. B. e WHIPPLE, G. C. *Fresh-water biology*. 2 ed. New York: John Wiley, 1959. 1248 p.
- EHRlich, P.R. e EHRlich, A.H. *Population resources environment: issues in human ecology*. 2ed., San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1972. 509p.
- EJSMONT-KARABIN, J.; KUCZYNSKA-KIPPEN, N. Urban rotifers: structure and densities of rotifer communities in water bodies of the Poznan agglomeration area (western Poland). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.446/447, n.1, Mar, p.165-171. 2001.
- EL-DIB, M.A.; ABOU-WALY, H.F. e EL-NABY, A.M.H. Impact of pentachlorophenol on growth and community structure of Nile River water microalgae. *International Journal of Environmental Health Research*, Taylor and Francis Ltd., v.10, n.3, Set, p.239-250. 2000.
- ELLIOTT, J.A.; REYNOLDS, C.S. e IRISH, A.E. An investigation of dominance in phytoplankton using the PROTECH model. *Freshwater Biology*, v.46, n.1, Jan, p.99-108. 2001.
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A *Manual de identificação de Cladóceros límnicos do Brasil*. Brasilia, Universa. 1997. 156p.
- EL-SHEEKH, M.M.; EL-NAGGAR, A.H.; OSMAN, M.E.H. e HAIEDER, A. Comparative studies on the green algae *Chlorella homosphaera* and *Chlorella vulgaris* with respect to oil pollution in the River Nile. *Water, Air, and Soil Pollution*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.124, n.1/2, Nov, p.187-204. 2000.
- ELY, A. *Economia do meio ambiente: uma apreciação introdutória interdisciplinar da poluição, ecologia e qualidade ambiental*. 4ed. Porto Alegre: FEE, 1990. 179p.
- EPSTEIN, M.J. *Measuring corporate environmental performance: best practices for costing and managing an effective environmental strategy*. Chicago: Irwin, 1996. 319p.
- EROKHINA, L.G.; SHATILOVICH, A.V.; KAMINSKAYA, O.P. e GILICHINSKII, D.A. The Absorption and fluorescence spectra of the *Cyanobacterial phycobionts* of *Cryptoendolithic lichens* in the High-Polar Regions of Antarctica. *Microbiology*, Kluwer Academic Publishers, v.71, n.5, p.601-607. 2002.
- ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M.; MAIA-BARBOSA, P.M. e BARBOSA, F.A. On the natural diet of *Daphnia laevis* in the eutrophic Pampulha reservoir (Belo Horizonte, Minas Gerais). *Braz. J. Biol.*, v.62, n.3, Ago, p.445-52. 2002.
- ESPINDOLA, E.L.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RIETZLER, A.C. e TUNDISI, J.G. Spatial heterogeneity of the Tucuruí. Reservoir (State of Para, Amazonia, Brazil) and the distribution of zooplanktonic species. *Rev Bras Biol.*, v.60, n.2, Mai, p.179-194. 2000.

- ESTEVEES, F.A. *Fundamentos de limnologia*. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.
- ETEROVICK, P.C. Effects of aggregation on feeding of bufo crucifer Tadpoles (Anura, Bufonidae). *Copeia*, v.2000, n.1, p.210–215. 2000.
- EVEN, S. *Algorithmic combinatorics*. New York: Macmillan, 1973, 260p.
- FAGUNDES, R.D.R. *Reconhecimento de voz, linguagem contínua, usando modelos de Markov*. São Paulo, 1993. Diss. (Mestrado em Engenharia) - USP, Escola Politécnica. 1993. 174p.
- FALAVENA, M.A.B. Composições e variações sazonal e espacial dos copépodes planctônicos (crustácea, copepoda) na Lagoa negra, município de Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia: Ser. Zool.*, (65): 3-30. 1985.
- FARGASOVA, A. Comparison of tributyltin compound effects on the alga *Scenedesmus quadricauda* and the benthic organisms *Tubifex tubifex* and *Chironomus plumosus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Academic Press, San Diego: CA, v.41, n.3, p.222-230. 1998.
- FARGASOVA, A. The effects of organotin compounds on growth, respiration rate, and chlorophyll a content of *Scenedesmus quadricauda*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Academic Press, San Diego: CA, v.37, n.3, p.193-198. 1997.
- FARGASOVA, A.; BUMBALOVA, A. e HAVRANEK, E. Ecotoxicological effects and uptake of metals (Cu^+ , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Mo^{6+} , Ni^{2+} , V^{5+}) in freshwater alga *Scenedesmus quadricauda*. *Chemosphere*, Elsevier Science, v.38, n.5, p.1165-1173. 1999.
- FAVARI, L.; LÓPEZ, E.; MARTÍNEZ-TABCHE, L. e DÍAZ-PARDO, E. Effect of insecticides on plankton and fish of Ignacio Ramirez Reservoir (Mexico): a biochemical and biomagnification study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Elsevier Science: San Diego/CA, v.51, n.3, Mar, p.177-186. 2002.
- FELLER, W. *Introdução a teoria das probabilidades e suas aplicações*. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 2v.
- FERDIN, M.E.; KVITEK, R.G.; BRETZ, C.K.; POWELL, C.L.; DOUCETTE, G.J.; LEFEBVRE, K.A.; COALE, S. e SILVER, M.W. *Emerita analoga* (Stimpson)-possible new indicator species for the phycotoxin domoic acid in California coastal waters. *Toxicol*, Elsevier Science, v.40, n.9, p.1259-1265. 2002.
- FERGUSON, E.; MOSTO, P.; NORDONE, N.; PEREZ, C.I. e WOJS, J. Algae as water quality indicators for a dystrophic pond. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.36, n.3, Dez, p.22. 2000.
- FERRÃO-FILHO, A.D.S. e AZEVEDO, S.M.F.O. Effects of unicellular and colonial forms of toxic *Microcystis aeruginosa* from laboratory cultures and natural populations on tropical cladocerans. *Aquatic Ecology*, Kluwer Academic Publishers, v.37, n.1, Jan, p.23-35. 2003.

- FERRÃO-FILHO, A.D.S.; ARCIFA, M.S. e FILETO, C. Resource limitation and food quality for cladocerans in a tropical Brazilian lake: Recent Developments in Fundamental and Applied Plankton Research (Guest Editors: E. Van Donk, M. Boersma & P. Spaak). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.491, n.1, p.201-210. 2003a.
- FERRÃO-FILHO, A.D.S.; AZEVEDO, S.M.F.O. e DEMOTT, W.R. Effects of toxic and non-toxic cyanobacteria on the life history of tropical and temperate cladocerans. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.45, n.1, p.1-19. 2000.
- FERRÃO-FILHO, A.D.S.; FILETO, C.; LOPES, N.P. e ARCIFA, M.S. Effects of essential fatty acids and N and P-limited algae on the growth rate of tropical cladocerans. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.48, n.5, p.759-767. 2003b.
- FERREIRA, A.B.H. *Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa*. 2.ed. rev. ampl. São Paulo: Nova Fronteira, 1997. 1838p.
- FERREIRA, C.M. Aquatic weed assemblages in an Iberian drainage channel system and related environmental factors. *Weed Research*, v.38, n.4, Jul, p.291-300. 1998.
- FERREIRA, L.C. e VIOLA, E. *Incertezas de sustentabilidade na globalização*. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1996. 331 p. (Coleção momento).
- FIGUEIREDO, F.O. *Contabilidade social: exercícios de método*. 3.ed., Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1987. 295p.
- FILELLINI, A. *Contabilidade social: resumo da teoria, exercícios programados*. 2.ed., São Paulo: Atlas, 1994. 191p.
- FILELLINI, A. *Economia do setor público*. São Paulo: Atlas, 1989. 202p.
- FINDLAY, D.L.; KASIAN, S.E.M.; TURNER, M.T. e STANTON, M.P. Responses of phytoplankton and epilithon during acidification and early recovery of a lake. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.42, n.1, p.159-175. 1999.
- FINN, J.T. Energy flow in wetlands. In: GODFREY, P.J.; KAYNOR, E.R. e PELCZARKI, S. *Ecological considerations in wetlands treatment of municipal wastewaters*. New York: Van Nostrand Reinhold Company. 1985. p.112-126.
- FINN, J.T. Flow analysis of models of the Hubbard Brook ecosystem. *Ecology*, Durham: Ecological Society of America, v.61, n.3, p.562-571. 1980.
- FINN, J.T. Measures of ecosystem structure and function derived from analysis of flow. *Journal of Theoretical Biology*, v. 56, p.363-380. 1976.
- FISCHER, D.; SCHLOSSER, U.G. e POHL, P. Exopolysaccharide production by cyanobacteria grown in closed photobioreactors and immobilized using white cotton towelling. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers, v.9, n.3, p.205-213. 1997.

- FLORES-BURGOS, J.; SARMA, S.S.S. e NANDINI, S. Population growth of zooplankton (Rotifers and Cladocerans) fed *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus* in different proportions. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, v.31, n.3, p.240-248. 2003.
- FOEKEMA, E.M.; KAAG, N.H.B.M.; VAN HUSSEL, D.M.; JAK, R.G.; SCHOLTEN, M.C.T.; GUCHTE, C. Mesocosm observations on the ecological response of an aquatic community to sediment contamination. *Water Science and Technology*, Elsevier Science, v.37, n.6, p.249-256. 1998.
- FOISSNER, W. e BERGER, H. A use-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste water, with notes on their ecology. *Freshwater Biology*, v.35, p.375-482. 1996.
- FOISSNER, W. e WILBERT, N. Morphologie, Infraciliatur und Okologie der limnischen *Tintinnina*: *Tintinnidium fluviatile* Stein, *Tintinnidium pusillum* Entz, *Tintinnopsis cylindrata* Daday und *Codonella cratera* (Leidy) (Ciliophora, Polyhymenophora). *J. Protozool.*, v.26, n.1, p.90-103. 1979.
- FONSECA, J.S. e MARTINS, G.A. *Curso de estatística*. 3.ed. São Paulo : Atlas, 1988, 165p.
- FONTENELE e SILVA, P. *Aspectos tecnológicos da estrutura industrial brasileira: uma análise de insumo-produto*. Rio de Janeiro: BNDE, 1980. 92p.
- FORE, L.S. e GRAFE, C. Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (U.S.A.). *Freshwater Biology*, v.47, n.10, Out, p.2015-2037. 2002.
- FRANCESCHINI, I.M. *Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil (les Ditomophycees exclues)*. Berlin, J. Cramer. 1992. 73p.
- FRANKENBERG, C.L.C. e MOTTA MARQUES, D.M.L. Propagação das causas dos efeitos verificados através de testes ecotoxicológicos em ecossistemas aquáticos por análise de input-output. XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (1995: Recife/PE). Anais. *Desenvolvimento Sustentável dos Recursos Hídricos*, ABRH, 1995. p.255-261.
- FRANKENBERG, D. e SMITH Jr., K.L. Coprophagy in marine animals. *Limnol. Oceanogr.*, v.12, p.443-450. 1967.
- FUHS, G.W., DEMMERLE, S.D., CANELLI, E., e CHEN, M. Characterization of Phosphorus-Limited Plankton Algae, *Limnol. Oceanogr. Special Symposia*, v.1, p.113-133. 1972.
- FUKAMI, K.; NISHIJIMA, T. e ISHIDA, Y. Stimulative and inhibitory effects of bacteria on the growth of microalgae. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.358, n.1/3, Dez, p.185-191. 1997.
- FULFORD-SMITH, S.P. e SIKES E.L. The evolution of Ace Lake, Antarctica, determined from sedimentary diatom assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier Science, v.124, n.1, Ago, p.73-86. 1996.

- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. *Vocabulário básico de meio ambiente*. Rio de Janeiro: Serviço de Comunicação Social da Petrobrás, 1990. 243p.
- FYSON, A.; NIXDORF, B.; KALIN, M. e STEINBERG, C.E.W. Mesocosm studies to assess acidity removal from acidic mine lakes through controlled eutrophication. *Ecological Engineering*, Elsevier Science, v.10, n.3, Jun, p.229-245. 1998.
- GABELLONE, N.A.; SOLARI, L.C. e CLAPS, M.C. Planktonic and physico-chemical dynamics of a markedly fluctuating backwater pond associated with a lowland river (Salado River, Buenos Aires, Argentina). *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.6, n.2, Jul, p.133-142. 2001.
- GABRYS, H.; WALCZAK, T. e MALEC, P. Interaction between phytochrome and the blue light photoreceptor system in Mougeotia: temperature dependence. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, Elsevier Science, v.38, n.1, Mar, p.35-39. 1997.
- GALAMBOS, J. *Advanced probability theory*. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1995. 461p.
- GALLERANO, F.; RICCI, R. e VIOTTI, P. Analysis of the eutrophication trend in a deep lake. *Ecological Modelling*, v.66, n.3/4, p.157-179. 1993.
- GARCÍA, C.E.; NANDINI, S. e SARMA, S.S.S. Food type effects on the population growth patterns of littoral Rotifers and Cladocerans. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, v.31, n.2, Set, p.120-133. 2003.
- GARCIA-PICHEL, F.; WADE, B.D. e FARMER, J.D. Jet-suspended, calcite-ballasted cyanobacterial waterwarts in a desert Spring. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.38, n.3, p.420-428. 2002.
- GARDNER, S.C.; GRUE, C.E.; GRASSLEY, J.M.; LENZ, L.A.; LINDENAUER, J.M. e SEELEY, M.E. Single species algal (*Ankistrodesmus*) toxicity tests with Rodeo and Garlon 3A. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, v.59, n.3, Set, p.492-499. 1997.
- GARG, A. e BHASKAR, P.V. Fluxes of diatoms in the Dona Paula Bay, west coast of India. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.22, n.11, Nov, p.2125-2136. 2000.
- GARSTECKI, T. e WICKHAM, S.A. The response of benthic rhizopods to sediment disturbance does not support the intermediate disturbance hypothesis. *Oikos*, v.103, n.3, Dez, p.528-536. 2003.
- GARSTECKI, T.; VERHOEVEN, R.; WICKHAM, S.A. e ARNDT, H. Benthic-pelagic coupling: a comparison of the community structure of benthic and planktonic heterotrophic protists in shallow inlets of the southern Baltic. *Freshwater Biology*, v.45, n.2, Out, p.147-167. 2000.

- GAUGHAN, D.J. e POTTER, I.C. Composition, distribution and seasonal abundance of zooplankton in a shallow, seasonally closed estuary in temperate. *Australia Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Academic Press, v.41, n.2, p.117-135. 1995.
- GAUTHIER-LIÈVRE, L. e THOMAS, R. Les genres *Diffugia*, *Pentagonia*, *Maghtebia* et *Hoogenraadia* (Rhizopodes testacés) em Afrique. *Arch. Protistenk.*, v.103, p.241-370. 1958.
- GEBESHUBER, I.C.; THOMPSON, J.B.; DEL AMO, Y.; STACHELBERGER, H. e KINDT J.H. In vivo nanoscale atomic force microscopy investigation of diatom adhesion properties. *Materials Science and Technology*, Institute of Materials:Maney Publishing, v.18, n.7, Jul, p.763-766. 2002.
- GEITLER, L. *Cyanophyceae*. In: Rabenhorst, L. Kryptogamen- Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 2ed. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1932. 1196p.
- GEITLER, L. Lamellar structure of chromatoplasms in *Cyanophyceae* in microscopic dimensions and structural properties of *Chroococcus turgidus* protoplasts. *Arch. Mikrobiol.*, v.29, n.2, p.179-88. 1958.
- GELL, P.A.; SLUITER, I.R. e FLUIN, J. Seasonal and interannual variations in diatom assemblages in Murray River connected wetlands in north-west Victoria, Australia. *Marine and Freshwater Research*, CSIRO Publishing, v.53, n.6, Dez, p.981-992. 2002.
- GELLER, W. Die Nahrungsaufnahme von *Daphnia pulex* in Abhängigkeit von der Futterkonzentration, der Temperatur, der Körpergröße und dem Hungerzustand der Tiere. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, v.48, p.47-107. 1975.
- GENNER, M.J.; HAWKINS, S.J. e TURNER, G.F. Isotopic change throughout the life history of a Lake Malawi cichlid fish. *Journal of Fish Biology*, v.62, n.4, p.907-917. 2003.
- GENONI, G.P.; BEHRA, R.; MONTAGUE, C.L.; GUTTINGER, H. e TERNAY-AEGERTER, R. Complex dynamics of adaptation in a nonaxenic microcystis culture 1. Effects of dinitrophenol on population growth. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Academic Press, v.48, n.3, p.235-240. 2001.
- GEOFFROY, L.; TEISSEIRE, H.; COUDERCHET, M. e VERNET, G. Effect of oxyfluorfen and diuron alone and in mixture on antioxidative enzymes of *Scenedesmus obliquus*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Academic Press: San Diego/CA, v.72, n.3, Mar, p.178-185. 2002.
- GEORGE, D.G. e EDWARDS, R.W. The effect of wind on the distribution of chlorophyll a and crustacean plankton in a shallow eutrophic reservoir. *J. appl. Ecol.*, v.13, p.667-690. 1976.
- GERALDES, A.M. e BOAVIDA, M.J. Limnological comparison of a new reservoir with one almost 40 years old which had been totally emptied and refilled. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.4, n.1, p.15-22. 1999.

- GERMAIN, H. *Flore des Diatomées- diatomophycées*. Paris, société Novuvelle des Éditions Boubée. 1981. 444p.
- GERVAIS, F. Ecology of cryptophytes coexisting near a freshwater chemocline. *Freshwater Biology*, Oxford, Inglaterra, GB: Blackwell Scientific Publications, v.39, n.1, p.61-78. 1998.
- GERVAIS, F.; OPITZ, D. e BEHRENDT, H. Influence of small-scale turbulence and large-scale mixing on phytoplankton primary production. *Hydrobiologia*, v.342/343, p.95-105. 1997.
- GERVAIS, F.; SIEDEL, U.; HEILMANN, B.; WEITHOFF, G.; HEISIG-GUNKEL, G. e NICKLISCH, A. Small-scale vertical distribution of phytoplankton, nutrients and sulphide below the oxycline of a mesotrophic lake. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.25, n.3, Mar, p.273-278. 2003.
- GERWICK, W.H.; LESLIE, P.; LONG, G.C.; MARQUEZ, B.L. e WILLIS, C.L. [6- 13 C]- (2S,4S)-5-Chloroleucine: synthesis and incubation studies with cultures of the cyanobacterium, *Lyngbya majuscula*. *Tetrahedron Letters*, Elsevier Science, v.44, n.2, p.285-288. 2003.
- GHADOUANI, A.; PINEL ALLOUL, B.; ZHANG, Y. e PREPAS, E.E. Relationships between zooplankton community structure and phytoplankton in two lime-treated eutrophic hardwater lakes. *Freshwater Biology*, v.39, n.4, Jun, p.775-790. 1998.
- GHOSH, M. e GAUR, J.P. Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. *Aquatic Botany*, Elsevier Science, v.60, n.1, Jan, p.1-10. 1998.
- GILBERT, J.J. e HAMPTON, S.E. Diel vertical migrations of zooplankton in a shallow, fishless pond: a possible avoidance-response cascade induced by notonectids. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.46, n.5, Mai, p.611-621. 2001.
- GILBERT, J.J. e SCHRÖDER, T. The ciliate epibiont *Epistylis pygmaeum*: selection for zooplankton hosts, reproduction and effect on two rotifers. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd., v.48, n.5, Mai, p.878-893. 2003.
- GILL, H.S. e MORGAN, D.L. Ontogenetic changes in the diet of the black-stripe minnow *Galaxiella nigrostriata* (Shipway, 1953) (Galaxiidae) and the salamanderfish *Lepidogalaxias salamandroides* (Mees, 1961) (Lepidogalaxiidae), *Ecology of Freshwater Fish*, v.12, n.2, Jun, p.151-158. 2003.
- GILSON, P.R. e McFADDEN, G.I. Molecular, morphological and phylogenetic characterization of six chlorarachniophyte strains. *Phycological Research*, v.47, n.1, Mar, p.7-19. 1999.
- GIN, K.Y.H.; TANG, Y.Z. e AZIZ, M.A. Derivation and application of a new model for heavy metal biosorption by algae. *Water Research*, Elsevier Science, v.36, n.5, p.1313-1323. 2002.

- GIROLDO, D. e VIEIRA, A.A.H. An extracellular sulfated fucose-rich polysaccharide produced by a tropical strain of *Cryptomonas obovata* (Cryptophyceae). *Journal of Applied Phycology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, v.14, n.3, p.185-191. 2002.
- GLADYSHEV, M.I.; TEMEROVA, T.A.; DUBOVSKAYA, O.P.; KOLMAKOV, V.I. e IVANOVA, E.A. Selective grazing on *Cryptomonas* by *Ceriodaphnia quadrangula* fed a natural phytoplankton assemblage. *Aquatic Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, v.33, n.4, p.347-353. 1999.
- GNEDENKO, B.V. e KOLMOGOROV, A.N. *Limit distributions for sums of independent random variables*. Cambridge: Addison-Wesley, 1954. 264p.
- GOBEL, F. Direct measurement of pure absorbance spectra of living phototrophic microorganisms. *Biochim. Biophys. Acta*. v.538, n.3, Fev, p.593-602. 1978.
- GODHANTARAMAN, N. Seasonal variations in species composition, abundance, biomass and estimated production rates of tintinnids at tropical estuarine and mangrove waters, Parangipettai, southeast coast of India. *Journal of Marine Systems*, Elsevier Science, v.36, n.3, Out, p.161-171. 2002.
- GOERTZEN, L.R. e THERIOT, E.C. Effect of taxon sampling, character weighting, and combined data on the interpretation of relationships among the heterokont algae. *Journal of Phycology*, v.39, n.2, Abr, p.423-443. 2003.
- GOLD, C.; FEURTET-MAZEL, A.; COSTE, M. e BOUDOU, A. Effects of cadmium stress on periphytic diatom communities in indoor artificial streams. *Freshwater Biology*, v.48, n.2, Fev, p.316-328. 2003.
- GOLEMANSKY, V.G. Materiaux sur la faune thecamoebienne (Rhizopoda, Testacea) de Cuba. *Acta Protozoologica*, v.6, p.335-340. 1968.
- GOLLEY, F.B. Energy dynamics of a food chain in na old field ecosystem. *Ecological Monogr.*, v.30, p. 187-206, 1960.
- GOMES, E.A.T. e GODINHO, M.J.L. Structure of the protozooplankton community in a tropical shallow and eutrophic lake in Brazil. *Acta Ecologica*, Elsevier Science, v.24, n.1001, Mai, p.153-161. 2003.
- GÓMEZ, N. Use of epipellic diatoms for evaluation of water quality in the Matanza-Riachuelo (Argentina), a pampean plain river. *Water Research*, Elsevier Science, v.32, n.7, Jul, p.2029-2034. 1998.
- GÓMEZ, N. e BAUER, D.E Phytoplankton from the Southern Coastal Fringe of the Río de la Plata (Buenos Aires, Argentina). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.380, n.1, p.1-8. 1998.
- GOMEZ, N. e LICURSI, M. Abnormal forms in *Pinnularia gibba* (Bacillariophyceae) in a polluted lowland stream from Argentina. *Nova Hedwigia*, E. Schweizerbart Science Publishers, v.77, n.3, p.389-398. 2003.
- GONG, J.; SONG, W. e WARREN, A. Redescriptions of two marine cyrtophorid ciliates,

Dysteria cristata (Gourret and Roeser, 1888) Kahl, 1931 and *Dysteria monostyla* (Ehrenberg, 1838) Kahl, 1931 (Protozoa, Ciliophora, Cyrtophorida), from China European. *Journal of Protistology*, © Urban & Fischer Verlag, v.38, n.3, Out, p.213-222. 2002.

GONZÁLEZ, E.J. Nutrient enrichment and zooplankton effects on the phytoplankton community in microcosms from El Andino reservoir (Venezuela). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.434, n.1/3, p.81-96. 2000.

GOODLAND, R. *Glossário de ecologia brasileira*. Manaus: Inst. Nac. de Pesq. da Amazônia, 1975. 95p.

GORBI, G.; CORRADI, M.G.; INVIDIA, M. e BASSI, M. Light intensity influences chromium bioaccumulation and toxicity in *Scenedesmus acutus* (Chlorophyceae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Elsevier Science, v.48, n.1, Jan, p.36-42. 2001.

GORENFLO, V.; SCHULZE, S.; BRAUN, A.M. e STAHL, W. The tumbling reactor: a new reactor design for biotechnology Cultivation of the phototrophic micro-alga *Scenedesmus communis*. *Biotechnology Techniques*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.12, n.1, p.55-61. 1998.

GOSLAR, T.; RALSKA-JASIEWICZOWA, M.; VAN GEEL, B.; LACKA, B.; SZEROCZYNSKA, K.; CHRÓST, L. e WALANUS, A. Anthropogenic changes in the sediment composition of Lake Gosci aogonz (central Poland), during the last 330 yrs. *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.22, n.2, Set, p.171-185. 1999.

GOSSELAIN, V.; HAMILTON, P.B. e DESCY, J. Estimating phytoplankton carbon from microscopia counts: an application for riverine systems. *Hydrobiologia*, v.438, p.75-90. 2000.

GOSSELAIN, V.; VIROUX, L. e DESCY, J.P. Can a community of small-bodied grazers control phytoplankton in rivers? *Freshwater Biology*, v.39, n.1, p.9-24. 1998.

GOSZ, J.R.; HOLMES, R.T.; LIKENS, G.E. E BORMANN, F.H. The flow of energy in a forest ecosystem. *Sci. Am.*, v. 238, p.92-102, 1978.

GOTO-SEKI, A.; SHIROKANE, M.; MASUDA, S.; TANAKA, K. e TAKAHASHI, H. Specificity crosstalk among group 1 and group 2 sigma factors in the cyanobacterium *Synechococcus* sp. PCC7942: in vitro specificity and a phylogenetic analysis. *Molecular Microbiology*, v.34, n.3, Nov, p.473-484. 1999.

GOULDEN, C.E. The Systematics and evolution of the Moinidae. *Transactions of the American Philosophical Society*, New series, v.58, p.1-101. 1968.

GRABINSKA SOTA, E. e KALKA, J. An assessment of the toxicity of pyridinium chlorides and their biodegradation intermediates. *Environment International*, Elsevier Science, v.28, n.8, p.687-690. 2003.

- GRAHAM, J.M.; KENT, A.D.; LAUSTER, G.H.; YANNARELL, A.C.; GRAHAM, L.E.; KRATZ, T.K. e TRIPLETT, EW. Species diversity of microbial communities in a northern temperate humic lake. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.38, n.s1, p.13-13 2002.
- GRASMAN, B.T. e HELLGREN, E.C. Phosphorous nutrition in white-tailed deer: nutrient balance, physiological responses, and antler growth. *Ecology*, v.74, p.2279-2296. 1993.
- GREEN, J. Associations of planktonic and periphytic rotifers in a tropical swamp, the Okavango Delta, Southern Africa. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.490, n.1-3, Jan, p.197-209. 2003.
- GREEN, J. Freshwater ecology in the Mato Grosso, Central Brazil, IV: Associations of testate Rhizopoda. *J. Natural History*, v.9, p.545-560. 1975.
- GREEN, J. The occurrence of astaxanthin in the *Euglenoid trachelomonas volvocina*. *Comp Biochem. Physiol.*, v.13, Ago, p.313-316. 1963.
- GREENWOOD, J.L.; CLASON, T.A.; LOWE, R.L. e Belanger, S.E. Examination of endopelic and epilithic algal community structure employing scanning electron microscopy. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.41, n.4, Jun, p.821-828. 1999.
- GRIFFITH, M.B.; HILL, B.H.; HERLIHY, A.T. e KAUFMANN, P.R. Multivariate analysis of periphyton assemblages in relation to environmental gradients in colorado rocky mountain streams. *Journal of Phycology*. v.38, n.1, Fev, p.83-95. 2002.
- GRIGORSZKY, I.; BORICS, G.; PADISÁK, J.; TÓTMÉRÉSZ, B.; VASAS, G.; NAGY, S. e BORBÉLY, G. Factors controlling the occurrence of Dinophyta species in Hungary, *Hydrobiologia*. Kluwer Academic Publishers, v.506, n.1, p.203-207. 2003.
- GRINSTEAD, C.M. e SNELL, J.L. *Introduction to probability*. 2.ed. Providence: American Mathematical Society, 1997. 510p.
- GRONLUND, T. e KAUPPILA, T. Holocene history of Lake Soldatskoje (Kola Peninsula, Russia) inferred from sedimentary diatom assemblages. *Boreas*, Taylor and Francis Ltd., v.31, n.3, p.273-284. 2002.
- GROSPIETSCH, T. Beitrage zur Rhizopodenfauna Deutschlands I. Die Thekamoben der Rhon. *Hydrobiologia*, v.10, p.305-322. 1958.
- GUANZON Jr., N.G. e NAKAHARA, H. Growth and photosynthesis inhibition by agricultural pesticides in three freshwater microalgae. *Fisheries Science*, Blackwell Science Ltd, Oxford: UK, v.68, n.1, p.144-151. 2002.
- GUASCH, H.; PAULSSON, M. e SABATER, S. Effect of copper on algal communities from oligotrophic calcareous streams. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.38, n.2, Abr, p.241-248. 2002.

- GUAZZELLI, M.R. Teoria e prática sobre as cadeias de Markov. *Ambiente*, v.7, n.1, p. 45-51, 1993.
- GUDDER, S.P. *Quantum probability*. Boston: Academic, 1988. 316p.
- GUERRA, A.T. *Dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1978. 446p.
- GULATI, R.D.; BRONKHORST, M. e VAN DONK, E. Feeding in *Daphnia galeata* on *Oscillatoria limnetica* and on detritus derived from It. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.23, n.7, p.705-718. 2001.
- GÜNTZEL, A.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. e ROCHA, O. Life cycle of *Macrothrix flabelligera* Smirnov, 1992 (Cladocera, Macrothricidae), recently reported in the Neotropical region. *Hydrobiologia*, v.490, n.1, Jan, p.87-92. 2003.
- HABERYAN, K.A.; HORN, S.P. e CUMMING, B.F. Diatom assemblages from Costa Rican lakes: an initial ecological assessment. *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands. v.17, n.3, Mar, p.263-274. 1997.
- HADDAD, P.R. *Análise de insumo-produto e economia regional*. 1974. Livre docência - Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Ciências Econômicas. Belo Horizonte, BR-MG, 1974. 335p.
- HADDAD, P.R. *Contabilidade social e economia regional*. Rio de Janeiro: Zahar Editores. 1976. 243p.
- HAIDER, S.; NAITHANI, V.; VISWANATHAN, P.N. e KAKKAR, P. Cyanobacterial toxins: a growing environmental concern. *Chemosphere*, Elsevier Science, v.52, n.1, p.1-21. 2003.
- HAIRSTON Jr., N.G.; HANSEN, A.M. e SCHAFFNER, W.R. The effect of diapause emergence on the seasonal dynamics of a zooplankton assemblage. *Freshwater Biology*, v.45, n.2, Out, p.133-145. 2000.
- HALMOS, P.R. *Espacios vectoriales finito-dimensionales*. México: Continental, 1965. 239p.
- HAMBRIGHT, K.D.; ZOHARY, T.; EASTON, J.; AZOULAY, B. e FISHBEIN, T. Effects of zooplankton grazing and nutrients on the bloom-forming, N₂-fixing cyanobacterium *Aphanizomenon* in Lake Kinneret. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.23, n.2, Fev, p.165-174. 2001.
- HAMILTON, D.P. e SCHLADOW, G. *Controlling the indirect effects of flow diversions on water quality in an australian reservoir*. *Environment International*, v.21, n.5, p.583-590. 1995.
- HAMMERSLEY, J.M. e HANDSCOMB, D.C. *Monte Carlo methods*. London: Methuen, 1975. 178p.

- HAMPTON, S.E. e GILBERT, J.J. Observations of insect predation on rotifers. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.446/447, n.1, Mar, p.115-121. 2001.
- HAMPTON, S.E. e STARKWEATHER, P.L. Differences in predation among morphotypes of the rotifer *Asplanchna silvestrii*. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.40, n.4, Dez, p.595-605. 1998.
- HANN, B.J. e TURNER, M.A. Exploitation by microcrustacea of a new littoral habitat in an acidified lake. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, v.416, n.1, p.65-75. 1999.
- HANN, B.J. e TURNER, M.A. Littoral microcrustacea in Lake 302S in the Experimental Lakes Area of Canada: acidification and recovery. *Freshwater Biology*, v.43, n.1, Jan, p.133-146, 2000.
- HANNON, B. Ecosystem control theory. *J. Theor. Biol.*, v.121, p.417-437. 1986.
- HANNON, B. The structure of ecosystems. *Journal of Theoretical Biology*, v.41, p.535-546. 1973.
- HANSEN, A.M. Response of ciliates and *Cryptomonas* to the spring cohort of a cyclopoid copepod in a shallow hypereutrophic lake. *Journal of Plankton Research*. Oxford University Press, v.22, n.1, p.185-203. 2000.
- HANSEN, G. Ultrastructure of *Gymnodinium aureolum* (dinophyceae): toward a further redefinition of *Gymnodinium sensu stricto*. *Journal of Phycology*, v.37, n.4, p.612-624. 2001.
- HANSEN, G.; DAUGBJERG, N. e HENRIKSEN, P. Comparative study of *Gymnodinium mikimotoi* and *Gymnodinium aureolum*, comb. nov. (= *Gyrodinium aureolum*) based on morphology, pigment composition, and molecular data. *Journal of Phycology*, v.36, n.2, p.394-410. 2000.
- HANSSON, L.A e TRANVIK, L.J. Algal species composition and phosphorus recycling at contrasting grazing pressure: an experimental study in sub-Antarctic lakes with two trophic levels. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.37, n.1, Fev, p.45-53. 1997.
- HARRING, H.K. A revision of rotatorian genera *Lepadella* and *Lophocharis* with descriptions of five new species. *Proceedings U.S. Nation Museum*, v.51, n.2164, p.527-568. 1917.
- HARRISON, C.W. *Conservation: the challenge of reclaiming our plundered land*. New York, NY: Julian Messner, 1963. 191 p..
- HASELKORN, R. e ROUVIERE-YANIV, J. Cyanobacterial DNA-binding protein related to *Escherichia coli* HU. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, USA, v.73, n.6, Jun, p.1917-1920. 1976.
- HASLER, A.D. *Experimental limnology*. *Bioscience*. v.14, p.36-38. 1964.

- HAVEN, D.S. e MORALES-ALAMO, R. Aspects of biodeposition by oysters and other invertebrate filter feeders. *Limnol. Oceanogr.*, v.11, p.487-498. 1966.
- HAVENS, K.E.; EAST, T.L. e BEAVER, J.R. Experimental studies of zooplankton-phytoplankton-nutrient interactions in a large subtropical lake (Lake Okeechobee, Florida, U.S.A.). *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.36, n.3, p.579-597. 1996.
- HAVENS, K.E.; EAST, T.L.; MARCUS, J.; ESSEX, P.; BOLAN, B.; RAYMOND, S. e BEAVER, J.R. Dynamics of the exotic *Daphnia lumholtzii* and native macrozooplankton in a subtropical chain-of-lakes in Florida, U.S.A. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.45, n.1, p.21-32. 2000.
- HAVENS, K.E.; JAMES, R.T.; EAST, T.L. e SMITH, V.H. N:P ratios, light limitation, and cyanobacterial dominance in a subtropical lake impacted by non-point source nutrient pollution. *Environmental Pollution*, Elsevier Science, v.122, n.3, p.379-390. 2003.
- HAWES, I. e SCHWARZ, A.M. Epiphytes from a deep-water characean meadow in an oligotrophic New Zealand lake: species composition, biomass and photosynthesis. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.36, n.2, Out, p.297-313. 1996.
- HAYDEE, L. Benthic *Testacida* (Rhizopoda, Protozoa) of Lake Washington, Brevard county, Florida. *Florida Sci.*, v.45, n.2, p.101-106. 1982.
- HAZZAN, S. *Fundamentos da matemática elementar: combinatória, probabilidade*. 5.ed. São Paulo: Atual, 1985. 167p.
- HEAD, M.J.; HARLAND, R. e MATTHIESSEN, J. Cold marine indicators of the late Quaternary: the new dinoflagellate cyst genus *Islandinium* and related morphotypes. *Journal of Quaternary Science*, v.16, n.7, p.621-636. 2001.
- HEAD, R.M.; JONES, R.I. e BAILEY-WATTS, A.E. An assessment of the influence of recruitment from the sediment on the development of planktonic populations of cyanobacteria in a temperate mesotrophic lake. *Freshwater Biology*, v.41, n.4, Jun, p.759-769, 1999.
- HEBERT, P.D.N. A revision of the taxonomy of the genus *daphnia* in southeastern Australia. *Australia Journal of Zoology*, v.25, p.371-398. 1977.
- HEHMANN, A.; KAYA, K. e WATANABE, M.M. Selective control of *Microcystis* using an amino acid-a laboratory assay. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers, v.14, n.2, p.85-89. 2002.
- HEIP, C. e HERMAN, P.M.J. *Major biological processes in European de maré estuaries: a synthesis of the JEEP-92 Project*. *Hydrobiologia*, v.311, p.1-7. 1995.
- HENDERSON, H.C.; KOK, M. e KONING, W.L. *Computer aided spillway design using the boundary element method and non-linear programming*. Delft: Hydraulics, 1989. 22p.

- HERENDEEN, R.A. e PATTEN, B.C. Network trophic dynamics. *Ecological Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., v.42, p.75-84. 1988.
- HIBINO, T.; KAKU, N.; YOSHIKAWA, H.; TAKABE, T. e TAKABE, T. Molecular characterization of DnaK from the halotolerant cyanobacterium *Aphanothece halophytica* for ATPase, protein folding, and copper binding under various salinity conditions. *Plant Molecular Biology*, Kluwer Academic Publishers, v.40, n.3, Jun, p.409-418. 1999.
- HIGASHI, M. Extended input-output flow analysis of ecosystems. *Ecological Modelling*, v.32, p.137-147. 1986.
- HIGASHI, M. e BURNS, T. Enrichment of ecosystem theory. In: HIGASHI, M. e BURNS, T. *Theoretical studies of ecosystems: the network perspective*. Cambridge: Cambridge University Press. 1991. p.1-38.
- HIGASHI, M.; BURNS, T.P. e PATTEN, B.C. Network trophic dynamics: the tempo of energy movement and availability in ecosystems. *Ecological Modelling*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, v.66, p.43-64. 1993b.
- HIGASHI, M.; PATTEN, B.C. e BURNS, T.P. Network trophic dynamics: the modes of energy utilization in ecosystems. *Ecological Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., v.66, p.1-42. 1993a.
- HIGGINS, M.J.; MOLINO, P.; MULVANEY, P. e WETHERBEE, R. The structure and nanomechanical properties of the adhesive mucilage that mediates Diatom-substratum adhesion and motility. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.39, n.6, p.1181-1193. 2003a.
- HIGGINS, M.J.; SADER, J.E.; MULVANEY, P. e WETHERBEE, R. Probing the surface of living Diatoms with atomic force microscopy: the nanostructure and nanomechanical properties of the mucilage layer. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.39, n.4, Ago, p.722-734. 2003b.
- HINDÁK, F. Morphological variation of four planktic nostocalean cyanophytes – members of the genus *Aphanizomenon* or *Anabaena*? *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.438, n.1/3, Nov, p.107-116. 2000.
- HINES, W.W. e MONTGOMERY, D.C. *Probability and statistics in engineering and management science*. 2.ed. New York: John Wiley & Sons. 1980. 634p.
- HIRATA, H. Equivalence between input-output analysis and environ analysis as concerns flow partitions. *Ecological Modelling*, v.30, n.1-2, p.3-12. 1985.
- HIRST, H.; JÜTTNER, I. e ORMEROD, S.J. Comparing the responses of diatoms and macro- invertebrates to metals in upland streams of Wales and Cornwall. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.47, n.9, Set, p.1752-1765. 2002.
- HJELM, J. e PERSSON, L. Size-dependent attack rate and handling capacity: inter-cohort competition in a zooplanktivorous fish. *Oikos*, v.95, n.3, Dez, p.520-532. 2001.

- HOEF-EMDEN, K. e MELKONIAN, M. Revision of the Genus *Cryptomonas* (Cryptophyceae): a Combination of Molecular Phylogeny and Morphology Provides Insights into a Long-Hidden Dimorphism. *Protist*, Jena, Alemanha/DE: Gustav Fischer, v.154, n. 3-4, p.371-409. 2003.
- HOHAM, R.W.; BONOME, T.A.; MARTIN, C.W. e LEEBENS-MACK, J.H. A combined 18s rDNA and rbcL phylogenetic analysis of *Chloromonas* and *Chlamydomonas* (Chlorophyceae, Volvocales) emphasizing snow and other cold-temperature habitats. *Journal of Phycology*, v.38, n.5, Out, p.1051-1064. 2002.
- HOLLAND, T.A. e JENKINS, D.G. Comparison of processes regulating zooplankton assemblages in new freshwater pools. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.387/388, n.1, p.207-214. 1998.
- HOLST, H.; ZIMMERMANN-TIMM, H. e KAUSCH, H. Longitudinal and transverse distribution of plankton rotifers in the Potamal of the River Elbe (Germany) during late summer. *International Review of Hydrobiology*, v.87, n.2-3, Mai, p.267-280. 2002.
- HOMBEECK Jr., C. *Preservação e uso dos recursos de água e solo: aspectos legais que regem a política brasileira para o setor*. Brasília, 1977. 48p.
- HONDZO, M. e LYN, D. Quantified small-scale turbulence inhibits the growth of a green alga. *Freshwater Biology*, v.41, n.1, p.51-61. 1999.
- HONGPING, P. e Jianyi, M. Study on the algal dynamic model for West Lake, Hangzhou. *Ecological Modelling*, Elsevier Science, v.148, n.1, Fev, p.67-77. 2002.
- HOOGENRAAD, H.R. e DE GROOT, A.A. Die geographische verbreitung der Susswasser-Rhizopoden. *Hydrobiological Bulletin*, v.13, n.2/3, p.152-171. 1979.
- HORI, K.; UENO-MOHRI, T. e OKITA, T. Absorption of color additives and settling v.in water of blue-green alga, ishikurage (*Nostoc commune*). *Plant. Foods. Hum. Nutr.*, v.42, n.1, Jan, p.31-36. 1992.
- HORN, H.S. Markovian properties of forest succession. In: CODY, M.L. e DIAMOND, J.M. *Ecology and Evolution of Communities*. Cambridge: Harvard University Press, 1975. p.196-211.
- HSIEH, C.H. e CHIU, T.S. Copepod abundance and species composition of Tanshui river estuary and adjacent waters. *Acta Zoologica Taiwanica*, v.8, n.2, p.75-83. 1997.
- HU, C.; ZHANG, D.; HUANG, Z. e LIU, Y. The vertical microdistribution of cyanobacteria and green algae within desert crusts and the development of the algal crusts. *Plant and Soil*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.257, n.1, p.97-111. 2003.
- HUBBLE, D.S. e HARPER, D.M. Phytoplankton community structure and succession in the water column of Lake Naivasha, Kenya: a shallow tropical lake. *Hydrobiologia*, v.488, n.1, p.89-98. 2002.

- HUDEC, I. Subgeneric differentiation within *Kurzia* (Crustacea: Anomopoda: Chydoridae) and a new species from Central America. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.421, n.1, Mar, p.165-178. 2000.
- HULLEBUSCH, E.V.; DELUCHAT, V.; CHAZAL, P.M. e BAUDU, M. Environmental impact of two successive chemical treatments in a small shallow eutrophied lake: Part II. Case of copper sulfate. *Environmental Pollution*, Elsevier Science, v.120, n.3, p.627-634. 2002.
- HUNT, R.J.; MATVEEV, V.; JONES, G.J. e WARBURTON, K. Structuring of the cyanobacterial community by pelagic fish in subtropical reservoirs: experimental evidence from Australia. *Freshwater Biology*, v.48, n.8, Ago, p.1482-1495. 2003.
- HUSS, V.A. e SOGIN, M.L. Phylogenetic position of some *Chlorella* species within the chlorococcales based upon complete small-subunit ribosomal RNA sequences. *J. Mol. Evol.*, v.31, n.5, Nov, p.432-442. 1990.
- IBGE. *Matriz de insumo-produto Brasil: metodologia resultados de 1990-1995* [cd-rom]. Rio de Janeiro: IBGE, 1997.
- IHLENFELDT, M.J. e GIBSON, J. Acetate uptake by the unicellular cyanobacteria *Synechococcus* and *Aphanocapsa*. *Arch. Microbiol.*, v.113, n.3, Jun, p.231-241. 1977.
- INCHAROENSAKDI, A. e KARNCHANATAT, A. Salt stress enhances choline uptake in the halotolerant cyanobacterium *Aphanothece halophytica*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)/General Subjects*, Elsevier Science, v.1621, n.1, Abr, p.102-109. 2003.
- INCHAROENSAKDI, A. e KITJAHARN, P. Zinc biosorption from aqueous solution by a halotolerant cyanobacterium *Aphanothece halophytica*. *Curr. Microbiol.*; v.45, n.4, Out, p.261-264. 2002.
- INCHAROENSAKDI, A. e WADITEE, R. Degradation of glycinebetaine by betaine-homocysteine methyltransferase in *Aphanothece halophytica*: effect of salt downshock and starvation. *Curr. Microbiol.*, v.41, n.4, Out, p.227-231. 2000.
- INCHAROENSAKDI, A.; TAKABE, T.; TAKABE, T. e AKAZAWA, T. Isolation of the catalytically competent small subunit of ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase from spinach under an extremely alkaline condition. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, v.138, n.1, Jul, p.118-124. 1986.
- INCHAROENSAKDI; A. e WUTIPRADITKUL. N. Accumulation of glycinebetaine and its synthesis from radioactive precursors under salt-stress in the cyanobacterium *Aphanothece halophytica*. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers, v.11, n.6, p.515-523. 1999.
- ISHIDA, K.; MATSUDA, H.; OKITA, Y. e MURAKAMI, M. Aeruginoguanidines 98-A-98-C: cytotoxic unusual peptides from the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Tetrahedron*, Elsevier Science, v.58, n.38, p.7645-7652. 2002.

- ISSA, A.; ABDEL-BASSET, R. e ADAM, M. Abolition of heavy metal toxicity on *Kirchneriella lunaris* (Chlorophyta) by calcium. *Annals of Botany*, Academic Press, v.75, n.2, Fev, p.189-192. 1995.
- ITIS. *Integrated Taxonomic Information System*. Disponibilizada em 2003, <<http://www.itis.usda.gov/>>
- IUDÍCIBUS, S. e MARION, J.C. *Contabilidade comercial*. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2000. 341p.
- IVORRA, N.; BARRANGUET, C.; JONKER, M.; KRAAK, M.H.S. e ADMIRAAL, W. Metal-induced tolerance in the freshwater microbenthic diatom *Gomphonema parvulum*. *Environmental Pollution*, Elsevier Science, v.116, n.1, Jan, p.147-157. 2002.
- IYER, N. e RAO, R.T. Responses of the predatory rotifer *Asplanchna intermedia* to prey species differing in vulnerability: laboratory and field studies. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.36, n.3, Dez, p.521-533. 1996.
- IZAGUIRRE, I.; O'FARRELL, I. e TELL, G. Variation in phytoplankton composition and limnological features in a water-water ecotone of the Lower Paraná Basin (Argentina). *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.46, n.1, p.63-74. 2001.
- JACOBSEN, T.R. e COMITA, G.W. Ammonia-nitrogen excretion in *Daphnia pulex*. *Hydrobiologia*, v.51, p.195-200. 1976.
- JAHAN, N.; ALAM, M.G.M.; SUGIURA, N.; NORMAN, C.P. e MAEKAWA, T. Seasonal variation in frequency of dividing cells of freshwater phytoplankters. *Environmental Technology*, Selper Ltd., v.22, n.4, p.429-438. 2001.
- JAMES, B.R. *Probabilidade: um curso em nível intermediário*. 2.ed. Rio de Janeiro: IMPA, 1996. 299p.
- JANG, M.H.; HA, K.; JOO, G.J. e TAKAMURA, N. Toxin production of cyanobacteria is increased by exposure to zooplankton. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.48, n.9, p.1540-1550. 2003.
- JASKOWIAK, M.A.; FAWLEY, K.P. e FAWLEY, M.W. An examination of the periphytic algae in the sheyenne river, north dakota, usa, and the factors influence the community structure. *Journal of Phycology*, v.39, n.s1, Jun, p.25-25. 2003.
- JAUME, D. The genus *Diaphanosoma* (Ctenopoda: Sididae) in Spain. *Hidrobiologia*, v.225, p.23-35. 1991.
- JAVORNICKY, P. Taxonomic notes on some freshwater planktonic Cryptophyceae based on light microscopy. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.502, n.1-3, p.271-283. 2003.
- JAX, K.; ZAUKE, G.P. e VARESCHI, E. Remarks on terminology and the description of ecological systems. *Ecological Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., v.63, p.133-141. 1992.

- JELLISON, R.; ADAMS, H. e MELACK, J.M. Re-appearance of rotifers in hypersaline Mono Lake, California, during a period of rising lake levels and decreasing salinity. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.466, n.1-3, Dez, p.39-43. 2001.
- JENKINS, D.G. e UNDERWOOD, M.O. Zooplankton may not disperse readily in wind, rain, or waterfowl. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.387/388, n.1, p.15-21. 1998.
- JENKS, A. e Gibbs, S.P. Immunolocalization and distribution of form ii rubisco in the pyrenoid and chloroplast stroma of amphidinium carterae and form i rubisco in the symbiont-derived plastids of *Peridinium foliaceum* (dinophyceae). *Journal of Phycology*, v.36, n.1, p.127-138. 2000.
- JENSEN, T.C. Biotic and abiotic preferences of the cladoceran invader *Limnospira frontosa*. *Hydrobiologia*, v.442, n.1, Jan, p.89-99. 2001.
- JEONG, H.J.; SHIM, J.H.; LEE, C.W.; KIM, J.S. e KOH, S.M. Growth and grazing rates of the marine planktonic ciliate Strombidinopsis sp. on red-tide and toxic dinoflagellates. *The Journal of Eukaryotic Microbiology*, v.46, n.1, p.69-76. 1999.
- JEONG, K.; KIM, D.; WHIGHAM, P. e JOO, G.J. Modelling *Microcystis aeruginosa* bloom dynamics in the Nakdong River by means of evolutionary computation and statistical approach. *Ecological Modelling*, Elsevier Science, v.161, n.1, p.67-78. 2003.
- JEPPESEN, E.; JENSEN, J.P.; LAURIDSEN, T.L.; AMSINCK, S.L.; CHRISTOFFERSEN, K.; SØNDERGAARD, M. e MITCHELL, S.F. Sub-fossils of cladocerans in the surface sediment of 135 lakes as proxies for community structure of zooplankton, fish abundance and lake temperature. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.491, n.1-3, Jan, p.321-330. 2003.
- JIN OH, S.; YAMAMOTO, T.; KATAOKA, Y.; MATSUDA, O.; MATSUYAMA, Y. e KOTANI, Y. Utilization of dissolved organic phosphorus by the two toxic dinoflagellates, *Alexandrium tamarense* and *Gymnodinium catenatum* (Dinophyceae). *Fisheries Science*, v.68, n.2, p.416-424. 2002.
- JØHANSEN, J.R. Photographic atlas of the microscopic freshwater cyanobacteria. *Journal of Phycology*, v.39, n.5, Out, p.999-1000. 2003.
- JOHNSTON, B.R. e JACOBY, J.M. Cyanobacterial toxicity and migration in a mesotrophic lake in western Washington, USA. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.495, n.1, p.79-91. 2003.
- JONES, J.I.; YOUNG, J.O.; EATON, J.W. e MOSS, B. The influence of nutrient loading, dissolved inorganic carbon and higher trophic levels on the interaction between submerged plants and periphyton. *Journal of Ecology*, v.90, n.1, Fev, p.12-24. 2002.
- JØRGENSEN, B. e MARTINEZ, J.R. On the asymptotic behaviour of the variance function.. *Informes de Matemática. Serie B, Matemática Aplicada*. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro. n.59, Mai, p.1-36. 1990.

- JØRGENSEN, S.E. Ecosystem theory, ecological buffer capacity, uncertainty and complexity. *Ecol. Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., v.52, p.125-133. 1990.
- JØRGENSEN, S.E., PATTEN, B.C. e STRASKRABA, M. Ecosystems emerging: toward an ecology of complex systems in a complex future. *Ecological Modelling*. Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V, v.62, p.1-27. 1992.
- JOUFRE, D.; LAM-HOAI, T.; MILLET, B. e AMANIEU, M. Structuration spatiale des peuplements zooplanctoniques et fonctionnement hydrodynamique en milieu lagunaire. *Oceanologica Acta*, v.14, n.5, p.489-504. 1991.
- JUNEAU, P.; DEWEZ, D.; MATSUI, S.; KIM, S.G. e POPOVIC, R. Evaluation of different algal species sensitivity to mercury and metolachlor by PAM-fluorometry. *Chemosphere*, v.45, n.4-5, Nov, p.589-598. 2001.
- KACZMARSKA, I. e FRYXELL, G.A. Alveus, gen. nov. (Bacillariaceae, Bacillariophyta), a heavily silicified diatom found in warm water oceans. *Microscopy Research and Technique*, v.33, n.1, Jan, p.2-11. 1996.
- KAEBERNICK, M.; ROHRLACK, T.; CHRISTOFFERSEN, K. e NEILAN, B.A. A spontaneous mutant of microcystin biosynthesis: genetic characterization and effect on *Daphnia*. *Environmental Microbiology*, Blackwell Science Ltd, Oxford: UK, v.3, n.11, p.669-679 2001.
- KAK, A. e RAO, T.R. Does the evasive behavior of *Hexarthra influence* its competition with cladocerans? *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.387/388, n.1, Jan, p.409-419. 1998.
- KAMINSKI, K.Z. Alona rustica Scott 1895 - a new species for Poland (Cladocera, Chydoridae). *Acta Hydrobiologica*. Krakow, Polonia, PL: Polska Akademia Nauk, Zaklad Biologii Wod. v.18, p.317-321. 1976.
- KAMJUNKE, N. e MEHNER, T. Coupling the microbial food web with fish: are bacteria attached to cyanobacteria an important food source for underyearling roach? *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.46, n.5, p.633-639. 2001.
- KAMJUNKE, N.; SCHMIDT, K.; PFLUGMACHER, S. e MEHNER, T. Consumption of cyanobacteria by roach (*Rutilus rutilus*): useful or harmful to the fish? *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.47, n.2, p.243-250. 2002.
- KANETSUNA, Y. New and interesting desmids (*Zygnematales, Chlorophyceae*) collected from Asia. *Phycological Research*, Blackwell Science Ltd, Oxford: UK, v.50, n.2, p.101-113. 2002.
- KAPFER, M. Assessment of the colonization and primary production of microphytobenthos in the littoral of acidic Mining Lakes in Lusatia (Germany). *Water, Air, and Soil Pollution*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.108, n.3/4, p.331-340. 1998.

- KAPPES, H. e SINSCH, U. Morphological variation in *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785) (Crustacea: Cladocera): consequence of cyclomorphosis or indication of cryptic species? *Journal of Zoological Systematics & Evolutionary Research*, Blackwell Science Ltd., Oxford/UK, v.40, n.3, Set, p.113-122. 2002.
- KAPPES, H. e SINSCH, U. Temperature- and predator-induced phenotypic plasticity in *Bosmina cornuta* and *B. pellucida* (Crustacea: Cladocera). *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd., v.47, n.10, Out, p.1944-1955. 2002.
- KARLIN, S. e TAYLOR, H.M. *A first course in stochastic processes*. 2.ed. Boston: Academic Press, 1996. 557p.
- KEBEDE-WESTHEAD, E.; PIZARRO, C.; MULBRY, W.W. e WILKIE, A.C. Production and nutrient removal by periphyton grown under different loading rates of anaerobically digested flushed dairy manure. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.39, n.6, p.1275-1282. 2003.
- KECKEIS, S.; BARANYI, C.; HEIN, T.; HOLAREK, C.; RIEDLER P.; SCHIEMER, F. The significance of zooplankton grazing in a floodplain system of the River Danube. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.25, n.3, Mar, p. 243-253. 2003.
- KELLER, W. e YAN, N.D. Biological recovery from lake acidification: zooplankton communities as a model of patterns and processes restoration. *Ecology*, v.6, n.4, Dez, p.364-375. 1998.
- KEMENY, J.G. e SNELL, J.L. *Finite markov chains*. Princeton: D. van Nostrand, 1963. 210p.
- KEMENY, J.G. e SNELL, J.L. *Finite markov chains*. Princeton: D. van Nostrand, 1963. 210p.
- KEMKA, N.; NJINE, T.; ZEBAZE TOGOUET, S.H.; NIYITEGEKA, D.; MONKIEDJE, A.; FOTO MENBOHAN, S.; NOLA, M. e COMPERE, P. Quantitative importance of *Cyanobacteria* populations in a hypertrophic shallow lake in the subequatorial African region (Yaounde Municipal Lake, Cameroon). *Archiv. fur Hydrobiologie*, E. Schweizerbart Science Publishers, v.156, n.4, Abr, p.495-510. 2003.
- KERSTING, K. e HOLTERMAN, W. The feeding behaviour of *Daphnia magna*, studied with the Coulter Counter. *Verh. Int. Verl. Limnol.*, v.18, p.1434-1440. 1973.
- KESSLER, E.; SCHÄFER, M.; HÜMMER, C.; KLOBOUCEK, A. e HUSS, V. Physiological, biochemical, and molecular characters for the taxonomy of the subgenera of *Scenedesmus* (Chlorococcales, Chlorophyta). *Botanica Acta*, v.110, p.244-250. 1997.
- KHAN, M.A. Ecophysiological studies on size-fractionated phytoplankton populations by tracer technique in Wadi el Majanin Dam, Libya. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, v.26, n.1, Jan, p.40-44. 1998.

- KIM, H.W.; JOO, G.J. e WALZ, N. Zooplankton dynamics in the hyper-eutrophic Nakdong River System (Korea) regulated by an estuary Dam and Side Channels. *International Review of Hydrobiology*, v.86, n.1, Jan, p.127-143. 2001.
- KIM, S.W. e KEASLING, J.D. Metabolic engineering of the nonmevalonate isopentenyl diphosphate synthesis pathway in *Escherichia coli* enhances lycopene production. *Biotechnology and Bioengineering*, v.72, n.4, p.408-415. 2001.
- KING, L.; BARKER, P. e JONES, R.I. Epilithic algal communities and their relationship to environmental variables in lakes of the English Lake District. *Freshwater Biology*, v.45, n.4, Dez, p.425-442. 2000.
- KINGSTON, M.B. Vertical migration of *Euglena* sp. on the sand banks of a north carolina piedmont stream. *Journal of Phycology*, v.36, n.3, p.36-37. 2000.
- KIRKWOOD, A.E.; NALEWAJKO, C. e FULTHORPE, R.R. Physiological characteristics of cyanobacteria in pulp and paper waste-treatment systems. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers, v.15, n.4, p.325-335. 2003.
- KIRKWOOD, A.E.; NALEWAJKO, C. e FULTHORPE, R.R. The occurrence of cyanobacteria in pulp and paper waste-treatment systems. *Canadian Journal of Microbiology*, NRC Research Press, v.47, n.8, Ago, p.761-766. 2001.
- KISAND, V.; NÕGES, T. e ZINGEL, P. Diel dynamics of bacterioplankton activity in eutrophic shallow Lake Võrtsjärv, Estonia. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.380, n.1/3, p.93-102. 1998.
- KLING, H.J. A summary of past and recent plankton of Lake Winnipeg, Canada using algal fossil remains. *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers, v.19, n.3, p.297-307. 1998.
- KNICKER, H.; RO, J.C.; HATCHER, P.G. e MINARD, R.D. Identification of protein remnants in insoluble geopolymers using TMAH thermochemolysis/GC-MS. *Organic Geochemistry*, Elsevier Science, v.32, n.3, p.397-409. 2001.
- KOBAYASHI, T.; CHURCH, A.; HARDIMAN, S. e GALLAGHER, L. Grazing by a resident macrozooplankton community and non-resident *Daphnia carinata* King: A preliminary *in situ* incubation study. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.3, n.3-4, p.193-203. 1998.
- KOBAYASHI, T.; SHIEL, R. J.; GIBBS, P. e DIXON, P. I. Freshwater zooplankton in the Hawkesbury-Nepean River: comparison of community structure with other rivers. *Hydrobiologia*. Dordrecht, Holanda, NL: Junk, v.377, p.133-145. 1998.
- KOBLÍŽEK, M.; KAFTAN, D. e NEDBAL, L. On the relationship between the non-photochemical quenching of the chlorophyll fluorescence and the Photosystem II light harvesting efficiency. A repetitive flash fluorescence induction study. *Photosynthesis Research*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.68, n.2, p.141-152. 2001.

- KOLESAR, S.E.; McKNIGHT, D.M. e WATERS, S.B. Late fall phytoplankton dynamics in three lakes, Rocky Mountain National Park *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.472, n.1-3, Mar, p.249-263. 2002.
- KOMÁREK, J. e FOTT, B. *Chlorophyceae-Chlorococcales*. In: Huber-Pestalozzi, G. Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Pt. 7, 1983. 1044p. (Die Binnengewässer, v. 16).
- KOMÁREK, J. e KLING, H. Variation in six planctonic cyanophyte genera in Lake Vitoria (East Africa). *Algological studies*, v.6, p.21-45. 1991.
- KOMÁREK, O. Spatial autocorrelation and fractal dimension of alga species assemblage in a gravel stream of Central Europe. *International Review of Hydrobiology*, v.88, n.3-4, p.385-396. 2003.
- KOMARKOVA, J. e TAVERA, R. Steady state of phytoplankton assemblage in the tropical Lake Catemaco (Mexico). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.502, n.1, p.187-196. 2003.
- KOMOTA, Y.; FUTATSUGI, K. e KIMURA, M. On Markov chains generated by markovian controlled markov systems - I. Ergonic properties. *Mathematical Biosciences*. New York, American Elsevier Publishing Company, v.32. p.81-106. 1976.
- KONE, T. e TEUGELS, G.G. Food habits of brackish water tilapia *Sarotherodon melanotheron* in riverine and lacustrine environments of a West African coastal basin. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.490, n.1-3, Jan, p.75-85. 2003.
- KONRATH, J. *Flutuação temporal da taxa de fixação de carbono particulado, estrutura do fitoplâncton e fatores ambientais em uma lagoa Costeira eutrófica (Lagoa Caconde, Osório, RS)*. 1995. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Porto Alegre, BR-RS, 1995. 146p.
- KORMONDY, E.J. *Concepts of ecology*. 4.ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1996. 559p.
- KOROTKY, A.M.; RAZJIGAEVA, N.G.; GREBENNIKOVA, T.A.; MOKHOVA, L.M.; BAZAROVA, V.B.; GANZEY, L.A.; SULERZHITSKY, L.D. e LUTAENKO, K.A. Middle- and late-Holocene environments and vegetation history of Kunashir Island, Kurile Islands, northwestern Pacific. *The Holocene*, Arnold, v.10, n.3, p.311-331. 2000.
- KOROVCHINSKY, N.M. Taxonomic and faunistic revision of Australian diaphanosoma (Cldocera: Sinididae). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, v.32, p.813-831. 1981.
- KOSTE, W. *Rotatoria*. II Tafelband. Berlin, Stuttgart, Gebrüder Borntraeger. 1978. 234p.

- KOSTE, W. Study of the rotatoria-fauna of the littoral of the Rio Branco, South of Boa Vista, Northern Brazil. *International Review of Hydrobiology*, v.85, n.4, p.433-469. 2000.
- KOT, M. *Elements of mathematical ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 453p.
- KOTAKI, Y.; KOIKE, K.; YOSHIDA, M.; THUOC, C.V.; HUYEN, N.T.M; HOI, N.C.; FUKUYO, Y. e KODAMA, M. Domoic acid production in *Nitzschia* sp. (*Bacillariophyceae*) isolated from a shrimp-culture pond in do son, Vietnam. *Journal of Phycology*, v.36, n.6, p.1057-1060. 2000.
- KOTIKOVA, E.A.; RAIKOVA, O.I.; FLYATCHINSKAYA, L.P.; REUTER, M. e GUSTAFSSON, M.K.S. Rotifer muscles as revealed by phalloidin-TRITC staining and confocal scanning laser microscopy. *Acta Zoologica*, Blackwell Science Ltd, Oxford: UK, v.82, n.1, p.1-9. 2001.
- KOTOV, A.A. Comparative analysis of the late embryogenesis of *Sida crystallina* (O.F. Müller, 1776) and *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848) (Crustacea: Brachiopoda: Ctenopoda). *Hydrobiologia*, v.380, n.1, Jan, p.103-125. 1998.
- KOTOV, A.A. Redescription of *Macrothrix tripectinata* Weisig, 1934 (Anomopoda, Branchiopoda), with a discussion of some features rarely used in the systematics of the genus. *Hydrobiologia*, v.403, Mai, p.63-80. 1999.
- KOTOV, A.A. Structure of thoracic limbs in *Bosminopsis deitersi* Richard, 1895 (Anomopoda, Branchiopoda). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.360, n.1/3, Dez, p.25-32. 1997.
- KOVÁCS, Z.L. *Teoria de probabilidade e processos estocásticos*. São Paulo: Edição Acadêmica. 1996. 120p.
- KRAAK, M.H.S.; AINSCOUGH, C.; FERNANDEZ, A.; VAN VLAARDINGEN, P.L.A.; DE VOOGT, P. e ADMIRAAL, W.A. Short-term and chronic exposure of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) to acridine: effects and metabolism. *Aquatic Toxicology*, Elsevier Science, v.37, n.1, p.9-20. 1997.
- KRAMMER, K. e LANGE-BERTALOT, H. *Bacillariophyceae: Bacillariophyceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H.; Mollenhauer, D. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, G. Fisher Verlag. v. 2, pt.2, 1988. 596p.
- KRAMMER, K. e LANGE-BERTALOT, H. *Bacillariophyceae: Centrales, Fragillariaceae, Eunotiaceae*. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H.; Mollenhauer, D. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, G. Fisher Verlag. v. 2, pt.3, 1991. 576p.
- KRAMMER, K. e LANGE-BERTALOT, H. *Bacillariophyceae: Naviculaceae*. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H.; Mollenhauer, D. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, G. Fisher Verlag. v. 2, pt.1, 1986. 1876p.
- KREBS, C.J. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. 4.ed. New York, NY: Harper Collins, 1994. 801p.

- KRIENITZ, L.; USTINOVA, I.; FRIEDL, T. e HUSS, V.A.R. Traditional generic concepts versus 18s rRNA gene phylogeny in the green algal family *Selenastraceae* (*Chlorophyceae*, *Chlorophyta*). *Journal of Phycology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.37, n.5, Out, p.852-865. 2001.
- KRISTENSEN, R.M. e FUNCH, P. Micrognathozoa: A new class with complicated jaws like those of Rotifera and Gnathostomulida. *Journal of Morphology*, v.246, n.1, Out, p.1-49. 2000.
- KRYLOVA, J.V.; KURASHOV, E.A. e KORKISHKO, N.N. The pollution of Lake Ladoga by organochlorine pesticides and petroleum products. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.8, n.3-4, Set, p.231-246. 2003.
- KUCK, U. The intron of a plastid gene from a green alga contains an open reading frame for a reverse transcriptase-like enzyme. *Mol. Gen. Genet.*, v.218, Ago, p.257-265. 1989.
- KUCZYNSKI, D. The rotifer fauna of Argentine Patagonia as a potential limnological indicator. *Hydrobiologia*. Dordrecht, Holanda, NL: Junk, v.150, p.3-10. 1987.
- KUDO, R.R. *Protozoology*. 4.ed. Springfield: C. C. Thomas, 1954. 966 p.
- KUMAR SAHA, S. e RAO, T.R. Predation on mosquito larvae by *Mesocyclops thermocyclopoides* (Copepoda: Cyclopoida) in the presence of alternate prey. *International Review of Hydrobiology*, v.88, n.6, Nov, p.570-581. 2003.
- KUMAR SAHA, S.; UMA, L. e SUBRAMANIAN, G. Nitrogen stress induced changes in the marine cyanobacterium *Oscillatoria willei* BDU 130511 FEMS. *Microbiology Ecology*, Elsevier Science, v.45, n.3, p.263-272. 2003.
- KUMAR, A. e PATTERSON, R.T. *Arcellaceans* (thecamoebians): new tools for monitoring long- and short-term changes in lake bottom acidity. *Environmental Geology*, Springer-Verlag Heidelberg Recency, v.39, n.6, p.689-697. 2000.
- KÜPPER, H.; ŠETLÍK, I.; SPILLER, M.; KÜPPER, F.C. e PRÁŠIL, O. Heavy metal-induced inhibition of photosynthesis: targets of in vivo heavy metal chlorophyll formation. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.38, n.3, p.429-441. 2002.
- KUSTKA, A.; SAÑUDO-WILHELMY, S.; CARPENTER, E.J.; CAPONE, D.G. e RAVEN, J.A. A revised estimate of the iron use efficiency of nitrogen fixation, with special reference to the marine cyanobacterium *Trichodesmium* spp. (Cyanophyta). *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.39, n.1, Fev, p.12-25. 2003.
- KUWABARA, R. Long-term changes in the aquatic biota of Lake Abashiri, a meromictic lake in northeastern Hokkaido, Japan. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.6, n.2, Jul, p.175-181. 2001.
- KUWATA, A. e MIYAZAKI, T. Effects of ammonium supply rates on competition between *Microcystis novacekii* (Cyanobacteria) and *Scenedesmus quadricauda* (Chlorophyta): simulation study. *Ecological Modelling*, Elsevier Science, v.135, n.1, p.81-87. 2000.

- LACROIX, G. e LESCHER-MOUTOUE, F. Spatial patterns of planktonic microcrustaceans in a small shallow lake. *Hydrobiologia*, v.300/301, p.205-217. 1995.
- LADIZINSKY, N.L. e SMITH, G. Accumulation of domoic acid by the coastal diatom pseudo-nitzschia multiseriis: a possible copper complexation strategy. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.36, n.3, p.41. 2000.
- LANDAU, H.J. Moments in mathematics. *Proceedings of Symposia in Applied Mathematics*. New York: Providence, v.37, p.1-157. 1987.
- LANDSBERG, P.T. The fourth law of thermodynamics. *Nature*, London: MacMillan Journals Ltda., v.238, n.5361, p.229-231. 1972.
- LANE, J.L. e GOLDMAN, C.R. Size-fractionation of natural phytoplankton communities in nutrient bioassay studies. *Hydrobiologia*, v.118, p.219-223. 1984.
- LANGE, C.B. e TIFFANY, M.A. The diatom flora of the Salton Sea, California. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.473, n.1-3, Abr, p.179-201. 2002.
- LANGE, C.R. e LAMBERT, K.E. Biomonitoring. *Water Environment Research*, v.66, n.4, p.642-651. 1994.
- LANGONI, C.G. *The development crisis: blueprint for change*. San Francisco/CA: ICEG, 1987. 158p.
- LAPESA, S.; SNELL, T.W.; FIELDS, D.M. e SERRA, M. Predatory interactions between a *Cyclopid copepod* and three sibling rotifer species. *Freshwater Biology*, v.47, n.9, Set, p.1685-1695. 2002.
- LAPOINTE, M. Late quaternary paleohydrology of the Gulf of St. Lawrence (Quebec, Canada) based on diatom analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier Science, v.156, n.3, Mar, p.261-276. 2001.
- LATHI, B.P. *Introduccion a la teoria y sistemas de comunicacion*. México: Limusa-Wiley, 1974. 289p.
- LAUREN-MAATTA, C.; HIETALA, J. e ANDWALLS, M. Responses of *Daphnia pulex* populations to toxic cyanobacteria. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.37 n.3 p.635-647. 1997.
- LAXSON, C.L.; McPHERDAN, K.N.; MAKAREWICZ, J.C.; TELES, I.V. e MACISAAC, H.J. Effects of the non-indigenous cladoceran *Cercopagis pengoi* on the lower food web of Lake Ontario. *Freshwater Biology*, v.48, n.12, Dez, p.2094-2106. 2003.
- LAZZARO, X.; BOUVY, M.; RIBEIRO FILHO, R.A.; OLIVIERA, V.S.; SALES, L.T.; VASCONCELOS, A.R.M. e MATA, M.R. Do fish regulate phytoplankton in shallow eutrophic Northeast Brazilian reservoirs? *Freshwater Biology*, v.48, n.4, Abr, p.649-668. 2003.

- LEBLOND, J.D. e CHAPMAN, P.J. A survey of the sterol composition of the marine dinoflagellates *Karenia brevis*, *Karenia mikimotoi*, and *Karlodinium micrum*: distribution of sterols within other members of the class *Dinophyceae*. **Journal of Phycology**, v.38, n.4, p.670-682. 2002.
- LeBRETON, M.; MORTON, P.; LARADE, K.; HARLAND, B.; CLAIR, T. e CAMPBELL, D. Demonstration of extraction and PCR amplification of DNA from phytoplankton of lakes with high humic acid content. **Hydrobiologia**, Kluwer Academic Publishers, v.438, n.1, p.91-97. 2000.
- LEBRUN, J. Natural balances and scientific research. **Impact of Sci. on Society**. v. 14, p.14-37. 1964.
- LECANE, P.S.; KIVIHARJU, T.M.; SELLERS, R.G. e PEEHL, D.M. Leptomycin B stabilizes and activates p53 in primary prostatic epithelial cells and induces apoptosis in the LNCaP cell line. **The Prostate**, v.54, n.4, p.258-267. 2003.
- LEDEBUR, E.F. **Relações inter-setoriais da industria brasileira de fertilizantes de 1970, 1980 e 1991: uma aplicação da metodologia delphi-ras**. 1995. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Ciências Econômicas. Curso de Pós-Graduação em Economia Rural. Porto Alegre, BR-RS, 1995 120p.
- LEDGER, M.E. e HILDREW, A.G. Growth of an acid-tolerant stonefly on epilithic biofilms from streams of contrasting pH. **Freshwater Biology**, v.46, n.11, Nov, p.1457-1470. 2001.
- LEDGER, M.E. e HILDREW, A.G. Herbivory in an acid stream. **Freshwater Biology**, v.43, n.4, Mar, p.545-556. 2000.
- LEDGER, M.E. e HILDREW, A.G. Resource depression by a trophic generalist in an acid stream. **Oikos**, Munksgaard International Publishers, v.90, n.2, Ago, p.271-278. 2000.
- LEE, B.H.; HIBINO, T.; JO, J.; VIALE, A.M. e TAKABE, T. Isolation and characterization of a dnaK genomic locus in a halotolerant cyanobacterium *Aphanothece halophytica*. **Plant Molecular Biology**, Kluwer Academic Publishers, v.35, n.6, Dez, p.763-775. 1997.
- LEE, J.J.; MORALES, J.; SYMONS, A. e HALLOCK, P. Diatom symbionts in larger foraminifera from Caribbean hosts. **Marine Micropaleontology**, Elsevier Science, v.26, n.1, Dez, p.99-105. 1995.
- LEI, A.P.; WONG, Y.S. e TAM, N.F.Y. Pyrene-induced changes of glutathione-S-transferase activities in different microalgal species. **Chemosphere**, Elsevier Science, v.50, n.3, p.293-301. 2003.
- LEITAO, M. e LEGLIZE, L. Long-term variations of epilimnetic phytoplankton in an artificial reservoir during a 10-year survey. **Hydrobiologia**, Kluwer Academic Publishers, v.424, n.1, Abr, p.39-49. 2000.

- LEITÃO, S.N. Sistemática e ecologia dos rotíferos (Rotatoria) planctônicos da área estuarina lagunar de Suape Pernambuco (Brasil). Recife, UFPE. 216p. (dissertação).1986.
- LEITE, R. “Ecosistemas”. *Biologia*, Fev 1999, <<http://campus.fortunecity.com/yale/757/Ecosistemas.htm>>
- LELAND, H.V. e BERKAS, W.R. Temporal variation in plankton assemblages and physicochemistry of Devils Lake, North Dakota. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.377, n.1/3, p.57-71 1998.
- LELAND, H.V. e PORTER, S.D. Distribution of benthic algae in the upper Illinois River basin in relation to geology and land use. *Freshwater Biology*, v.44, n.2, Jun, p.279-301. 2000.
- LELAND, H.V.; BROWN, L.R. e MUELLER, D.K. Distribution of algae in the San Joaquin River, California, in relation to nutrient supply, salinity and other environmental factors. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.46, n.9, Set, p.1139-1167. 2001.
- LEONTIEF, W. *A economia do insumo-produto*. São Paulo: Abril Cultural, 1983. 226p. (Os Economistas).
- LEONTIEF, W. An international comparison of factor costs and factor use. *The American Economic Review*. v.54, n.4, p.335-345. 1964.
- LEONTIEF, W. Communications - Theoretical note on time-preference, productivity of capital, stagnation and economic growth. *The American Economic Review*. v.48, n.1-2, p. 105-111. 1958a.
- LEONTIEF, W. *Input-output economics*. New York: Oxford Univ. Press, 1966.
- LEONTIEF, W. *O Futuro da Economia Mundial*. Lisboa: Publicações Dom Quixote. 1977. 275 p. (Universidade Moderna; 54).
- LEONTIEF, W. Theoretical assumptions and nonobserved facts. *The American Economic Review*. v.61, n.1, p.1-7. 1971.
- LEONTIEF, W. Can economics be reconstructed as an empirical science? *Amer. J. Agr. Econ.* v.75, out, p.2-5. 1993.
- LEONTIEF, W. Environmental repercussions and economic structure – input-output approach - reply. *The Review of Economics and Statistics*. v.56, n.1, p.109-110. 1974.
- LEONTIEF, W. Planning approach to economic policy formation. *Revue Économique*. v.31, n.5, p.820-825. 1980.
- LEONTIEF, W. The ins and outs of input/output analysis. *Mechanical Engineering*. V.109, n.1, jan, p.28-35. 1987.
- LEONTIEF, W. The state of economic science. *The Review of Economics and Statistics*. v.40, n.2, p.103-106. 1958b.

- LEONTIEF, W. Time-preference and economic growth: Reply. *The American Economic Review*, v.49, n.5, p.1041-1043. 1959.
- LEONTIEF, W.W. Quantitative input and output relations in the economic system of the United States. *The Review of Economic Statistics*, v.18, n.3, p. 105-125, ago. 1936.
- LEPISTÖ, L. e ROSENSTROM, U. The most typical phytoplankton taxa in four types of boreal lakes. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.369, n.1, Jan, p.89-97. 1998.
- LESSER, M.P.; BARRY, T.M. e BANASZAK, A.T. Effects of UV radiation on a chlorophyte alga (*Scenedesmus* sp.) isolated from the Fumarole Fields of Mt. Erebus, Antarctica. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.38, n.3, Jun, p.473-481. 2002.
- LESSMANN, D.; DENEKE, R.; ENDER, R.; HEMM, M.; KAPFER, M.; KRUMBECK, H.; WOLLMANN, K. e NIXDORF, B. Lake Plessa 107 (Lusatia, Germany) - an extremely acidic shallow mining lake. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.408, n.1, p.293-299. 1999.
- LESSMANN, D.; FYSON, A. e NIXDORF, B. Phytoplankton of the extremely acidic mining lakes of Lusatia (Germany) with pH = 3. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.433, n.1/3, p.123-128. 2002.
- LEVIN, B. R.; STEWART, F. M. e CHAO, L. Resource-limited growth, competition, and predation: A model and experimental studies with bacteria and bacteriophage. *American Naturalist*. Chicago, Ill., US: American Society Of Naturalists, v.111, p.3-24. 1977.
- LEWIN, R. On the benefits of being eatn. *Science*, v. 236, p. 519-520, 1987.
- LEWIS, W.M. Surface/volume ratio: implications for phytoplankton morphology. *Science*, v.192, p.885-887. 1976.
- LI, P.; LIU, Z. e XU, R. Chemical characterisation of the released polysaccharide from the cyanobacterium *Aphanothece halophytica* GR02. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers, v.13, n.1, p.71-77. 2001.
- LI, R.; YOKOTA, A.; SUGIYAMA, J.; WATANABE, M.; HIROKI, M. e WATANABE, M. M. Chemotaxonomy of planktonic cyanobacteria based on non-polar and 3-hydroxy fatty acid composition. *Phycological Research*, Japanese Society of Phycology, v.46, p.21-28. 1998.
- LI, X.; LIU, Y.; SONG, L. e LIU, J. Responses of antioxidant systems in the hepatocytes of common carp (*Cyprinus carpio* L.) to the toxicity of microcystin-LR. *Toxicol*, Elsevier Science, v.42, n.1, p.85-89. 2003.
- LILJENDAHL-NURMINEN, A.; HORPPILA, J.; ELORANTA, P.; MALINEN, T. e UUSITALO, L. The seasonal dynamics and distribution of *Chaoborus flavicans* larvae in adjacent lake basins of different morphometry and degree of eutrophication. *Freshwater Biology*, v.47, n.7, Jul, p.1283-1295. 2002.

- LIM, D.S.S.; KWAN, C. e DOUGLAS, M.S.V. Periphytic diatom assemblages from Bathurst Island, Nunavut, Canadian high arctic: an examination of community relationships and habitat preferences. *Journal of Phycology*, v.37, n.3, p.379-392. 2001.
- LIN, Q.Q.; DUAN, S.S.; HU, R. e HAN, B.P. Zooplankton distribution in tropical reservoirs, south China. *International Review of Hydrobiology*, v.88, n6, Nov, p.602-613. 2003.
- LIND, O.T. *Handbook of Common Methods in Limnology*, 2nd ed. Dubuque/Iowa.: Kendall Hunt Publishing Co., 1985. 199p.
- LINDEMAN, R.L. The trophic-dinamic aspect of ecology. *Ecology*. v. 23, n. 4, p.399-418. 1942.
- LINDHOLM, M. Predator-induced cyclomorphosis of *Daphnia laevis* (Branchiopoda, Cladocera) in a tropical floodplain (Okavango Delta, Botswana). *Crustaceana*, Brill Academic Publishers, v.75, n.6, p.803-814. 2002.
- LINTON, E.W.; NUDELMAN, M.A.; CONFORTI, V. e TRIEMER, R.E. A molecular analysis of the Euglenophytes using ssu rDNA. *Journal of Phycology*, v.36, n.4, p.740-746. 2000.
- LIPKIN, Y. e SILVA, P.C. Marine algae and seagrasses of the Dahlak Archipelago, southern Red Sea Nova Hedwigia, E. *Schweizerbart Science Publishers*, v.75, n.1-2, Ago, p.1-90. 2002.
- LIPSCHUTZ, S. *Probabilidade*. 4.ed. São Paulo: Makron Books, 1994. 261p.
- LIPSCHUTZ, S. *Teoria e problemas de probabilidade*. 2.ed. São Paulo: Editora McGraw-Hill do Brasil. 1974. 228p. (Coleção Schaum)
- LITCHMAN, E. Growth rates of phytoplankton under fluctuating light. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.44, n.2, Jun, p.223-235. 2002.
- LITCHMAN, E.; STEINER, D.; BOSSARD, P. Photosynthetic and growth responses of three freshwater algae to phosphorus limitation and daylength. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd., v.48, n.12, Dez, p.2141-2148. 2003.
- LITVAITIS, M.K. A molecular test of cyanobacterial phylogeny: inferences from constraint analyses. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.468, n.1, p.135-145. 2002.
- LIU, T.; NAKASHIMA, S.; HIROSE, K.; UEMURA, Y.; SHIBASAKA, M.; KATSUHARA, M. e KASAMO, K. A metallothionein and CP_x-ATPase handle heavy-metal tolerance in the filamentous cyanobacterium *Oscillatoria brevis* FEBS. *Letters*, Elsevier Science, v.542, n.1, p.159-163. 2003.
- LOEZ, C.R.; TOPALIAN, M.L. e SALIBIAN, A. Effects of zinc on the structure and growth dynamics of a natural freshwater phytoplankton assemblage reared in the laboratory. *Environmental Pollution*, Elsevier Science, v.88, n.3, p.275-281. 1995.

- LOMBARDI, A.T.; VIEIRA, A.A.H. e SARTORI, L.A. Mucilaginous capsule adsorption and intracellular uptake of copper by *Kirchneriella aperta* (Chlorococcales). *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.38, n.2, Abr, p.332-337. 2002.
- LOPARDO, N. *Estudo da hidrodinâmica e correlação com sólidos suspensos e turbidez da Lagoa Itapeva do Litoral Norte do RS*. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre, BR-RS, 2002. 179p.
- LOPES, I.V. *Gestão ambiental no Brasil: experiência e sucesso*. Rio de Janeiro: FGV, 1996. 377 p.
- LOPEZ-LLORCA L.V. e HERNANDEZ, P. Infection of the green alga *Oocystis lacustris* chod with the chytrid fungus *Diplochytridium deltanum* (Masters) Karling. *An SEM Study Micron.*, Elsevier Science, v.27, n.5, Out, p.355-358. 1996.
- LOUDA, J.W.; LI, J.; LIU, L.; WINFREE, M.N. e BAKER, E.W. Chlorophyll-a degradation during cellular senescence and death. *Organic Geochemistry*, Elsevier Science, v.29, n.5, Nov, p.1233-1251. 1998.
- LOUREIRO, L.M.AE-M. O Gênero *Bosmina* (Cladocera) na região do distrito Federal. *Acta Limnol. Brasil*, v.2, p.501-512. 1988.
- LU, M.; XIE, P.; TANG, H.; SHAO, Z. e XIE, L. Experimental study of trophic cascade effect of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) in a subtropical lake, Lake Donghu: on plankton community and underlying mechanisms of changes of crustacean community. *Hydrobiologia*, v.487, n.1, Nov, p.19-31. 2002.
- LUESCH, H.; HARRIGAN, G.G.; GOETZ, G. e HORGAN, F.D. The Cyanobacterial origin of potent anticancer agents originally isolated from Sea Hares. *Current Medicinal Chemistry*, Bentham Science Publishers, v.9, n.20, p.1791-1806. 2002.
- LUESCH, H.; YOSHIDA, W.Y.; MOORE, R.E. e PAUL, V.J. New apratoxins of marine cyanobacterial origin from guam and palau. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, Elsevier Science, v.10, n.6, p.1973-1978. 2002a.
- LUESCH, H.; YOSHIDA, W.Y.; MOORE, R.E. e PAUL, V.J. Structurally diverse new alkaloids from Palauan collections of the apratoxin-producing marine cyanobacterium *Lyngbya* sp. *Tetrahedron*, Elsevier Science, v.58, n.39, p.7959-7966. 2002b.
- LUNDGREN, P.; BAUER, K.; LUGOMELA, C.; SODERBACK, E. e BERGMAN, B. Reevaluation of the nitrogen fixation behavior in the marine non-heterocystous cyanobacterium *Lyngbya majuscula*. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.39, n.2, p.310-314. 2003.
- LUNDHOLM, N. e MOESTRUP, Ø. Morphology of the marine diatom *Nitzschia navis-varingica*, sp. nov. (*Bacillariophyceae*), another producer of the neurotoxin domoic acid. *Journal of Phycology*, v.36, n.6, p.1162-1174. 2000.

- LUNDHOLM, N.; MOESTRUP, Ø.; HASLE, G.R. e HOEF-EMDEN, K. A study of the pseudo-*Nitzschia pseudodelicatissima/Cuspidata complex* (Bacillariophyceae): what is p. Pseudodelicatissima? *Journal of Phycology*, v.39, n.4, Ago, p.797-813. 2003.
- LUNG'AYIA, H.B.O.; M'HARZI, A.; TACKX, M.; GICHUKI, J. e SYMOENS, J.J. Phytoplankton community structure and environment in the Kenyan waters of Lake Victoria. *Freshwater Biology*, v.43, n.4, Mar, p.529-543. 2000.
- LURLING, M. e VAN DONK, E. Life history consequences for *Daphnia pulex* feeding on nutrient-limited phytoplankton. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd: Oxford, UK, v.38, n.3, p.693-709. 1997.
- LURLING, M. e VERSCHOOR, A.M.F. O-spectra of chlorophyll fluorescence for the determination of zooplankton grazing. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.491, n.1, p.145-157. 2003.
- MA, J.; ZHENG, R.; XU, L. e WANG, S. Differential sensitivity of two green algae, *Scenedesmus obliquus* and *Chlorella pyrenoidosa*, to 12 pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Elsevier Science: San Diego/CA, v.52, n.1, Mai, p.57-61. 2002.
- MACEDO, C.F. e PINTO-COELHO, R.M. Nutritional status response of *daphnia laevis* and *Moina micrura* from a tropical reservoir to different algal diets: *Scenedesmus quadricauda* and *Ankistrodesmus gracilis*. *Braz. J. Biol.*, v.61, n.4, Nov, p.555-562. 2001.
- MACINTYRE, S. Vertical mixing in a shallow, eutrophic lake: possible consequences for the light climate of phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, v.38, n.4, p.798-817. 1993.
- MacNEILL, J.; WINSEMIUS, P. e YAKUSHIJI, T. *Para além da interdependência: a relação entre a economia mundial e a ecologia da terra*. Rio de Janeiro: Zahar, 1992. 177p.
- MAIA BARBOSA, P.M.; ESKINAZI SANT'ANNA, E.M.; VALADARES, C.F. e PESSOA, G.C.D. The resting eggs of zooplankton from a tropical, eutrophic reservoir (Pampulha Reservoir, south-east Brazil). *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.8, n.3-4, p.269-275. 2003.
- MAIMON, D. Passaporte verde: gestão ambiental e competitividade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996. 111p.
- MAIN, S.P. Distribution and morphology of diatoms in high altitude streams on Kauai (Hawaii). *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.38, n.s1, Jun, p.26. 2002.
- MAITEL, S. The Tableau Économique as a Leontief model: an amendment. *The Quarterly Journal of Economics*, v.86, p. 504-507. 1972.
- MANDIMA, J.J. The food and feeding behaviour of *Limnothrissa miodon* (Boulenger, 1906) in Lake Kariba, Zimbabwe. *Hydrobiologia*, v.407, Jul, p.175-182. 1999.

- MANN, D.G.; CHEPURNOV, V.A. e IDEI, M. Mating system, sexual reproduction, and auxosporulation in the anomalous raphid diatom *Eunotia* (Bacillariophyta). *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing v.39, n.6, p.1067-1084. 2003.
- MANN, N.R.; SCHAFER, R.E. e SINGPURWALLA, N.D. *Methods for statistical analysis of reliability and life data*. New York: J. Wiley, 1974. 573p.
- MANN, R.H.K.; BASS, J.A.B.; LEACH, D. e PINDER, A.C. Temporal and spatial variations in the diet of 0 group roach (*Rutilus rutilus*) larvae and juveniles in the River Great Ouse in relation to prey availability. *Regulated Rivers: Research & Management*, v.13, n.3, Mai, p.287-294. 1997.
- MANOYLOV, K.; MANOYLOV, K. e MANOYLOV, K. *Staurosira stevensonii* sp. nov. (Bacillariophyta), a new taxon from Florida, USA. *European Journal of Phycology*, Taylor and Francis Ltd., v.38, n.1, p.65-71. 2003.
- MANRIQUE SAIDE, P.; IBÁÑEZ BERNAL, S.; DELFÍN GONZÁLEZ, H.; TABLA, V.P. *Mesocyclops longisetus* effects on survivorship of *Aedes aegypti* immature stages in car tyres. *Medical & Veterinary Entomology*, Blackwell Science Ltd., Oxford: UK, v.12, n.4, Dez, p.386-390. 1998.
- MARGALEF, R. *Ecologia*. Barcelona: Ediciones Omega, 1995. 951p.
- MARIN, B.; PALM, A.; KLINGBERG, M. e MELKONIAN, M. Phylogeny and taxonomic revision of plastid-containing euglenophytes based on SSU rDNA sequence comparisons and synapomorphic signatures in the SSU rRNA secondary structure. *Protist.*, v.154, n.1, Abr, p.99-145. 2003.
- MARKER, A.F.H. e COLLETT, G.D. Spatial and temporal characteristics of algae in the River Great Ouse. II. The epiphytic algal flora Regulated Rivers. *Research & Management*, v.13, n.3, Mai, p.235-244. 1997.
- MARKS, J.C. e POWER, M.E. Nutrient induced changes in the species composition of epiphytes on *Cladophora glomerata* Kütz. (Chlorophyta). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.450, n.1/3, Mai, p.187-196. 2001.
- MARRET, F.; SCOURSE, J.D.; VERSTEEGH, G.; JANSEN, J.H.F. e SCHNEIDER, R. Integrated marine and terrestrial evidence for abrupt Congo River palaeodischarge fluctuations during the last deglaciation. *Journal of Quaternary Science*, v.16, n.8, Dez, p.761-766. 2001.
- MARTINEZ ALIER, J. Economia ecologica. *Texto para Discussão: CPGE*. Porto Alegre. n.3, Abr., p.1-62. 1996.
- MARTÍNEZ DE FABRICIUS, A.L.; MAIDANA, N.; GÓMEZ; N. e SABATER, S. Distribution patterns of benthic diatoms in a Pampean river exposed to seasonal floods: the Cuarto River (Argentina). *Biodiversity and Conservation*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.12, n.12, Dez, p.2443-2454. 2003.

- MARTINEZ Jr.; F. e BRAGA Jr., B.P.F. Aplicacao de instrumentos economicos a gestao ambiental : introducao da cobranca pelo uso da agua no estado de sao paulo. Sao Paulo : Epusp, 1998. 20 p. : il. ; 30cm. (Boletim tecnico da escola politecnica da USP.phd ; n.44)
- MARTINEZ, G. e MEDEL, R. Indirect interactions in a microcosm-assembled cladoceran community: implications for apparent competition. *Oikos*, Blackwell Publishing, v.97, n.1, p.111-115. 2002.
- MARTINEZ-TABCHE, L.; CAMPOS, R.J.; SANCHEZ HIDALGO, E. e CASTELAN, I.G. Toxic effects of parathion on glucose, protein and lipids in the algae *Ankistrodesmus falcatus*. *Proc. West Pharmacol. Soc.*, v.34, p.71-74. 1991.
- MARTINEZ-TABCHE, L.; CASTELAN, I.G.; MORA, B.R.; MORALES, R.A. e FAZ, C.G. Parathion effect on acetylcholinesterase from fish through an artificial trophic chain: *Ankistrodesmus falcatus-Moina macrocopa-Oreochromis hornorum*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, v.52, n.3. Mar, p.360-366. 1994.
- MARTINEZ-TABCHE, L.; FAZ, C.G.; MORA, B.R. e CASTELAN, I.G. Effect of carbaryl and lead on phenols, chlorophyll and proteins of the microalga *Ankistrodesmus falcatus*. *Rev. Latinoam. Microbiol.*, v.37, n.2, Abr./Jun, p.93-99. 1995.
- MARTINEZ-TABCHE, L.; MORA, B.R.; FAZ, C.G.; CASTELAN, I.G.; ORTIZ, M.M.; GONZALEZ, V.U. e FLORES, M.O. Toxic effect of sodium dodecylbenzenesulfonate, lead, petroleum, and their mixtures on the activity of acetylcholinesterase of *Moina macrocopa* in vitro. *Environmental Toxicology and Water Quality*, v.12, n.3, p.211-215. 1997.
- MARTINS, C. *Biogeografia e ecologia*. 5.ed. São Paulo: Nobel, 1992. 115p.
- MARUO, M.; NAKAYAMA, E.; OBATA, H.; KAMIYAMA, K. e KIMOTO, T. Application of the flow-through analyses of ammonia and calcium in ice core and fresh water by fluorometric detection. *Field Analytical Chemistry & Technology*, v.5, n.1-2, p.29-36. 2001.
- MATSUMURA TUNDISI, T. e Rocha, O. Occurrence of copepod (Calanoida Cyclopoida and Harpaticoida) from "Broa" reservoir (São Carlos, São Paulo, Brazil). *Ver. Brasil Biol.*, v.43, n.1, p.1-17. 1983.
- MATSUMURA TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G. *Calanoida* (Copepoda) species composition changes in the reservoirs of São Paulo State (Brazil) in the last twenty years. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.504, n.1-3, Set, p.215-222. 2003.
- MATVEEV, V. Testing predictions of the lake food web theory on pelagic communities of Australian reservoirs. *Oikos*, v.100, n.1, Jan, p.149-161. 2003.
- MAY, L. The relationship between *Trichocerca pusilla* (Jennings), *Aulacoseira* spp. and water temperature in Loch Leven, Scotland, U.K. *Hydrobiologia*, v.446, Mar, p.29-34. 2001.

- MAY, L. e BASS, J.A.B. A study of rotifers in the River Thames, England, April–October, 1996. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.387/388, n.1, p.251-257. 1998.
- MAZUR, H. Indole-3-acetic acid in the culture medium of two axenic green microalgae. *Journal of Applied Phycology*, v.13, n.1, Fev, p.35-42. 2001.
- McCORMICK, P.V.; SHUFORD III, R.B.E.; BACKUS, J.G. e KENNEDY, W.C. Spatial and seasonal patterns of periphyton biomass and productivity in the northern Everglades, Florida, U.S.A. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.362, n.1, p.185-210. 1997.
- McDANIEL, M. e SNELL, T.W. Probability distributions of toxicant sensitivity for freshwater rotifer species. *Environmental Toxicology*, v.14, n.3, Jul, p.361-366. 1999.
- McFETRIDGE, D.G.. *Economia e meio ambiente: a reconciliação*. Porto Alegre: Ortiz, 1992. 277p.
- McGREGOR, G.B. e FABBRO, L.D. Dominance of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanoprokaryota) in Queensland tropical and subtropical reservoirs: Implications for monitoring and management. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.5, n.3, Set, p.195-205. 2000.
- McMAHON, J.W. e RIGLER, F.H. Feeding rate of *Daphnia magna* Straus in different foods labeled with radioactive phosphorus. *Limnol. Oceanogr.*, v.10, p.105-113. 1965.
- McMAHON, J.W. e RIGLER, F.H. Mechanisms regulating the feeding rate of *Daphnia magna* Straus. *Can. J. Zool.*, v.14, p.321-332. 1963.
- McMANUS, H.A. e LEWIS, L.A. Exploration of morphological variation within the genus *Pediastrum meyen* 1829 (Chlorophyceae, Chlorophyta). *Journal of Phycology*, v.39, n.s1, Jun, p.41-42. 2003.
- McMANUS, H.A. e LEWIS, L.A. Phylogenetic relationships among *Pediastrum* spp. and *Hydrodictyon* spp. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.38, n.s1, Jun, p.27-28. 2002.
- MEDIOLI, B.E. e BROOKS, G.R. Diatom and thecamoebian signatures of Red River (Manitoba and North Dakota) floods: Data collected from the 1997 and 1999 spring freshets. *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers v.29, n.3, Abr, p.353-386. 2003.
- MEDVEDEVA, L.A. Full length article. *Cryptogamie Algologie*, Elsevier Science, v.22, n.1, p.65-100. 2001.
- MEGGERS, H.; FREUDENTHAL, T.; NAVE, S.; TARGARONA, J.; ABRANTES, F. e HELMKE, P. Assessment of geochemical and micropaleontological sedimentary parameters as proxies of surface water properties in the Canary Islands region Deep Sea Research Part II. *Topical Studies in Oceanography*, Elsevier Science, v.49, n.17, p.3631-3654. 2002.

- MENDES JUNIOR, B.O. *Uma análise de insumo-produto da mudança estrutural na indústria nordestina entre 1980 e 1985*. 1995. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Ciências Econômicas. Curso de Pós-Graduação em Economia. Porto Alegre, BR-RS, 1995. 119p.
- MERCADO, L.M. A comparative analysis of the phytoplankton from six pampean lotic systems (Buenos Aires, Argentina). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.495, n.1-3, Mar, p.103-117. 2003.
- METZ, C.R. e SCHIFINO, J. *Físico-química*. São Paulo: Mcgraw Hill, 1979. 626p.
- METZELTIN, D. e LANGE-BERTALOT, H. *Tropical Diatoms of South America I. Iconographia Diatomologica 5*. Koeltz Scientific: Germany. 1998. 695p.
- MEYER, P.L. *Probabilidade: aplicações à estatística*. 2.ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.. 1983. 426 p.
- MICHAELIS. *Moderno Dicionário da Língua Portuguesa*. Melhoramentos. 2000. <<http://www.uol.com.br/michaelis/>>.
- MICHELS, E.; COTTENIE, K.; NEYS, L.; DE GELAS, K.; COPPIN, P. e DE MEESTER, L. Geographical and genetic distances among zooplankton populations in a set of interconnected ponds: a plea for using GIS modelling of the effective geographical distance. *Molecular Ecology*, Blackwell Publishing, v.10, n.8, p.1929-1938. 2001.
- MICHELUTTI, N.; HOLTHAM, A.J.; DOUGLAS, M.S.V. e SMOL, J.P. Periphytic diatom assemblages from ultra-oligotrophic and uv transparent lakes and ponds on victoria island and comparisons with other diatom surveys in the canadian arctic. *Journal of Phycology*, v.39, n.3, Jun, p.465-480. 2003.
- MILANOWSKI, R, ZAKRYS, B, KWIATOWSKI, J. Phylogenetic analysis of chloroplast small-subunit rRNA genes of the genus *Euglena Ehrenberg*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, v.51, n.Pt3, Mai, p.773-781. 2001.
- MILLET, B. e CECCHI, P. Wind-induced hydrodynamic control of the phytoplankton biomass in a lagoon ecosystem. *Limnol. Oceanogr.*, v.37, n.1, p.140-146. 1992.
- MILLIE, D.F.; FAHNENSTIEL, G.L.; CARRICK, H.J.; LOHRENZ, S.E. e SCHOFIELD, O.M.E. Phytoplankton pigments in coastal lake michigan: distributions during the spring isothermal period and relation with episodic sediment resuspension. *Journal of Phycology*, v.38, n.4, p.639-648. 2002.
- MINORU, S. New systematical approach to the Japanese planktonic rotatoria. *Hydrobiologia*, v.23, p.1-124. 1964.
- MIRANDA, C. Perguntas intrigantes, respostas surpreendentes: Alpinistas da altura: que ave voa mais alto?. *Super Interessante*. São Paulo: Editora Abril, v.14, n.8, Ago. 2000
- MITCHELL, S.A. e RICHMOND, A. The use of rotifers for the maintenance of monoalgal mass cultures of *Spirulina*. *Biotechnology and Bioengineering*, v.30, n.2, Ago, p.164-168. 1987.

- MITROVIC, S.M.; HOWDEN, C.G.; BOWLING, L.C. e BUCKNEY, R.T. Unusual allometry between in situ growth of freshwater phytoplankton under static and fluctuating light environments: possible implications for dominance. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.25, n.5, p.517-526. 2003.
- MITROVIC, S.M.; OLIVER, R.L.; REES, C.; BOWLING, L.C. e BUCKNEY, R.T. Critical flow velocities for the growth and dominance of *Anabaena circinalis* in some turbid freshwater rivers. *Freshwater Biology*, v.48, n.1, p.164-174. 2003.
- MIZUNO, M. Sexual auxosporulation of the marine diatom *Navicula directa* var. *directa*. *Phycological Research*, v.48, n.2, Jun, p.103-106. 2000.
- MODENUTTI, B.E; BALSEIRO, E.G; QUEIMALIÑOS, C.P.; SUÁREZ, D.A.A.; DIÉGUEZ, M.C. e ALBARIÑO, R.J. Structure and dynamics of food webs in Andean lakes. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*. v.3, n.3-4, p.179-186. 1998.
- MOHAMED, Z.A. Accumulation of *Cyanobacterial Hepatotoxins* by *Daphnia* in Some Egyptian Irrigation Canals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Academic Press, v.50, n.1, p.4-8. 2001.
- MOHAMED, Z.A. Allelopathic activity of *Spirogyra* sp.: stimulating bloom formation and toxin production by *Oscillatoria agardhii* in some irrigation canals, Egypt. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.24, n.2, p.137-141. 2002.
- MOHR, S. e ADRIAN, R. Reproductive success of the rotifer *Brachionus calyciflorus* feeding on ciliates and flagellates of different trophic modes. *Freshwater Biology*, Oxford, Inglaterra, GB: Blackwell Scientific Publications, v.47, n.10, p.1832-1839. 2002.
- MOHR, S.; GERTEN, D.; ADRIAN, R. Minimal algal food requirements in the presence of protozoan prey for the rotifer *Brachionus calyciflorus*. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.24, n.7, Jul, p.723-728. 2002.
- MONTEIRO, M.T.; OLIVEIRA, R. e VALE, C. Metal stress on the plankton communities of sado river (Portugal). *Water Research*, Elsevier Science, v.29, n.2, Fev, p.695-701. 1995.
- MONTESANTO, B.; ZILLER, S. e COSTE, M. Epilithic diatoms and biological quality of *Stratonikon mountain* creeks, Chalkidiki (Greece) Chalkidiki (Greece). *Cryptogamie Algologie*, Elsevier Science, v.20, n.3, Jul, p.235-251. 1999.
- MONTORO FILHO, A.F. *Contabilidade social: uma introdução à macroeconomia*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1994. 140p.
- MONTOYA, M.A. e PICERNO, A.E. *Relações intersetoriais do mercosul e da economia brasileira: uma abordagem de equilíbrio geral do tipo insumo-produto*. Passo Fundo: EDIUPF, 1998. 366p.

- MONTÚ, M. Crescimento e desarrollo de algumas espécies de cladoceros dulceacuicolas. I. *Diaphanosoma brachyurum* (LIEVIN, 1848). *Physis sección B*, v.32, n.84, p.51-59. 1973a.
- MONTÚ, M. Crescimento e desarrollo de algumas espécies de cladoceros dulceacuicolas. IV. *Ceriodaphnia cornuta* Sars, 1886. *Physis sección B*, v.32, n.84, p.215-222. 1973c.
- MONTÚ, M. e GOEDEN, I.M. *Atlas dos Cladocera e Copepoda (Crustacea) do Estuário da Lagoa dos Patos (Rio Grande, Brasil)*. Nerítica, 1 (2): 1-134. An atlas of freshwater testate amoebae. Oxford, British Museum (Natural History), Oxford University. 1986. 222p.
- MONTÚ, M.. Crescimento e desarrollo de algumas espécies de cladoceros dulceacuicolas. II. *Moina micrura* Kurz, 1874. *Physis sección B*, v.32, n.84, p.93-104. 1973b.
- MOREIRA, A.R.B. Modelo multissetorial de consistência. *Texto para Discussão: IPEA*. Brasília. n.217, Mai., p.1-38. 1991.
- MOREIRA, D.; LOPEZ-GARCIA, P. e RODRIGUEZ-VALERA, F. New insights into the phylogenetic position of diplomonads: G+C content bias, differences of evolutionary rate and a new environmental sequence. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, v.51, n.Pt6, Nov, p.2211-2219. 2001.
- MOSS, B.; McKEE, D.; ATKINSON, D.; COLLINGS, S.E.; EATON, J.W.; GILL, A.B.; HARVEY, I.; HATTON, K.; HEYES, T. e WILSON, D. How important is climate? Effects of warming, nutrient addition and fish on phytoplankton in shallow lake microcosms. *Journal of Applied Ecology*, v.40, n.5, Out, p.782-792. 2003.
- MOTTA MARQUES, D.M.L. *Padrões e estruturas no sistema lagunar costeiro de água doce do RS: elementos para definição de uma política de gestão*. Porto Alegre, UFRGS/CNPq Plano Sul de Pesquisa e Pós-graduação. 23 p. 1999.
- MUDIE, P.J.; AKSU, A.E. e YASAR, D. Late Quaternary dinoflagellate cysts from the Black, Marmara and Aegean seas: variations in assemblages, morphology and paleosalinity. *Marine Micropaleontology*, Elsevier Science, v.43, n.1, Set, p.155-178. 2001.
- MUDIE, P.J.; ROCHON, A.; AKSU, A.E. e GILLESPIE, H. Dinoflagellate cysts, freshwater algae and fungal spores as salinity indicators in Late Quaternary cores from Marmara and Black seas. *Marine Geology*, Elsevier Science, v.190, n.1, Out, p.203-231. 2002.
- MÜLLER, F.; WINDHORST, W. e JØRGENSEN, S.E. Recent problems in ecosystem theory - conclusions of the workshop. *Ecological Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., v.63, p.325-331. 1992.
- MULLNER, A.N.; ANGELER, D.G.; SAMUEL, R.; LINTON, E.W. e TRIEMER, R.E. Phylogenetic analysis of phagotrophic, photomorph and osmotrophic euglenoids by using the nuclear 18S rDNA sequence. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, v.51, n.Pt3, Mai, p.783-791. 2001.

- MUÑOZ, J.; ALDASORO, J.J.; NEGRO, A.; HOYOS, C.D.; VEGA, J.C. Flora and water chemistry in a relictic mire complex: the Sierra Segundera mire area (Zamora, NW Spain). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.495, n.1-3, Mar, p.1-16(15) 2003.
- MURTEIRA, B.J.F. *Probabilidades e estatística*. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1990. 2v.
- NAKAGAWA, H.; UMINO, T.; SEKIMOTO, T.; AMBAS, I.; MONTGOMERY, W.L. e NAKANO, T. Characterization of the digestive tract of wild ayu. *Fisheries Science*, Blackwell Science Pty., v.68, n.2, Abr, p.341-346, 2002.
- NAKAMURA, Y. Filtration rates of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*: dependence on prey items including bacteria and picocyanobacteria. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Elsevier Science, v.266, n.2, Dez, p.181-192. 2001.
- NANDINI, S. Lifetable demography of four cladoceran species in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) density. *Hydrobiologia*, v.435, n.1, Set, p.117-126. 2000a.
- NANDINI, S. Responses of rotifers and cladocerans to *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae): A demographic study. *Aquatic Ecology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.34, n.3, Set, p.227-242. 2000b.
- NANDINI, S. Somatic and population growth in selected cladoceran and rotifer species offered the cyanobacterium it *Microcystis aeruginosa* as food. *Aquatic Ecology*, v.31, n.3, Jan, p.283-298. 1997.
- NANDINI, S. e RAO, T.R. Somatic and population growth in selected cladoceran and rotifer species offered the cyanobacterium it *Microcystis aeruginosa* as food. *Aquatic Ecology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.31, n.3, p.283-298. 1997.
- NANDINI, S. e SARMA, S.S.S. Competition between *Moina macrocopa* and *Ceriodaphnia dubia*: a Life Table Demography Study. *International Review of Hydrobiology*, v.87, n.1, Jan, p.85-95. 2002.
- NANDINI, S. e SARMA, S.S.S. Population growth of *Lepadella patella* (O. F. Müller, 1786) at different algal (*Chlorella vulgaris*) densities and in association with *Philodina roseola* Ehrenberg, 1832. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.446/447, n.1, Mar, p.63-69. 2001.
- NANDINI, S. e SARMA, S.S.S. Population growth of some genera of cladocerans (Cladocera) in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) levels. *Hydrobiologia*, v.491, n.1, Jan, p.211-219. 2003.
- NANDINI, S. e SARMA, S.S.S. Zooplankton preference of two species of freshwater ornamental fish larvae. *Journal of Applied Ichthyology*, v.16, n.6, Dez, p.273-275, 2000.
- NANDINI, S.; MURO CRUZ, G. e SARMA, S.S.S. Competition Between Littoral Cladocerans *Macrothrix triserialis* and *Alona rectangulara* (Cladocera) in Relation to Algal Food Level and Inoculation Density. *Acta hydrochimica et hydrobiologica*,

Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim: Fed. Rep. of Germany, v.30, n.1, p.16-23. 2002.

NANDINI, S.; PÉREZ-CHÁVEZ, R. e SARMA, S.S.S. The effect of prey morphology on the feeding behaviour and population growth of the predatory rotifer *Asplanchna sieboldi*: a case study using five species of *Brachionus* (Rotifera). *Freshwater Biology*, v.48, n.12, Dez, p.2131-2140. 2003.

NANDINI, S.; SARMA, S.S.S e HURTADO-BOCANEGRA, M.D. Effect of four species of Cladocerans (Crustacea) on the population growth of *Brachionus patulus* (Rotifera). *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, v.30, n.2-3, Nov, p.101-107. 2002.

NANDINI, S.; SARMA, S.S.S. e RAMIREZ-GARCIA, P. Life table demography and population growth of *Daphnia laevis* (cladocera, anomopoda) under different densities of *Chlorella vulgaris* and *Microcystis aeruginosa*. *Crustaceana*, Brill Academic Publishers, v.73, n.10, p.1273-1286. 2000.

NASCIMENTO JR., D. *Conceitos ecológicos importantes para o manejo das pastagens*. Jul 1997a, <http://www.ufv.br/DZO/Forragem/CONC_ECO.htm>

NASCIMENTO JR., D. *Princípios ecológicos aplicáveis ao manejo de pastagens*. Jul 1997b, <<http://www.ufv.br/DZO/Forragem/Ecologia.htm>>

NASELLI-FLORES, L. e BARONE, R. Phytoplankton dynamics and structure: a comparative analysis in natural and man-made water bodies of different trophic state. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.438, n.1/3, Nov, p.65-74. 2000.

NAUWERCK, A. Die Beziehungen zwischen Zoo-plankton and Phytoplankton im See Erken. *Symbo- lae Botanicae Upsalienses*, v.17, p.1- 163. 1963.

NAYAK, S.; MOHANTY, R.C. e MOHANTY, L. Growth rate of *Ankistrodesmus falcatus* and *Scenedesmus bijuga* in mixed culture exposed to monocrotophos. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, v.57, n.3, Set, p.473-479. 1996.

NEHER, D.A.; WALTERS, T.L.; TRAMER, E.; WEICHT, T.R.; VELUCI, R.M.; SAIYACORK, K.; WILL-WOLF, S.; TOPPIN, J.; TRAUB, J. e JOHANSEN, J.R. Biological soil crust and vascular plant communities in a sand savanna of northwestern Ohio. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, v.130, n.4, p.244-252. 2003.

NEILAN, B. A.; HAWKINS, P. R.; COX, P. T. e GOODMAN, A. E. Towards a molecular taxonomy for the bloom-forming cyanobacteria. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, Melbourne, Australia, AU: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, v.45, p.869-873. 1994.

NEILAN, B. A.; JACOBS, D. e GOODMAN, A. E. Genetic diversity and phylogeny of toxic cyanobacteria determined by DNA polymorphisms within the phycocyanin locus. *Applied and Environmental Microbiology*. Washington, US: American Society For Microbiology, v.61, p.3875-3883. 1995.

- NEILL, S.J.; DESIKAN, R. e HANCOCK, J.T. Nitric oxide signalling in plants. *New Phytologist*, v.159, n.1, Jul, p.11-35. 2003.
- NEVES, I.F.; ROCHA, O.; ROCHE, K.F. e PINTO, A.A. Zooplankton community structure of two marginal lakes of the River Cuiaba (Mato Grosso, Brazil) with analysis of Rotifera and Cladocera diversity. *Braz. J. Biol.*, v.63, n.2, Mai, p.329-343. 2003.
- NIES. *National Institute for Environmental Studies*. Disponibilizada em 2001, <www.nies.go.jp/>
- NISHIDA, H.; BLANZ, P.A. e SUGIYAMA, J. The higher fungus *Protomyces inouyei* has two group I introns in the 18S rRNA gene. *J. Mol. Evol.*, v.37, n.1, Jul, p.25-28. 1993.
- NÖGES, T.; NÖGES, P. e LAUGASTE, R.. Water level as the mediator between climate change and phytoplankton composition in a large shallow temperate lake. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.506, n.1, Nov, p.257-263. 2003.
- NOGUEIRA, M.G. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), Sao Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.431, n.2, p.115-128. 2000.
- NOGUEIRA, M.G. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.455, n.1/3, Jul, p.1-18. 2001.
- NORTH, K. *Environmental business management*. 2ed. Switzerland: International Labour Organization, 1997. 204p. (Management development series; n.30)
- NOVARINO, G. A companion to the identification of cryptomonad flagellates (*Cryptophyceae* = *Cryptomonadea*). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.502, n.1-3, p.225-270. 2003.
- NOZAKI, K. Abrupt change in primary productivity in a littoral zone of Lake Biwa with the development of a filamentous green-algal community. *Freshwater Biology*, v.46, n.5, Mai, p.587-602. 2001.
- NUDELMAN, M.A.; ROSSI, M.S.; CONFORTI, V. e TRIEMER, R.E. Phylogeny of euglenophyceae based on small subunit rDNA sequences: taxonomic implications. *Journal of Phycology*, v.39, n.1, Fev, p.226-235. 2003.
- NUNES, D.T. "Biosfera e ecossistemas". *Ecologia*, Nov 1999, <<http://ecologia.hypermart.net/dtn-d.html>>
- O'BRIEN, W.J. e DE NOYELLE, F. Filtering rate of *Ceriodaphnia reticulata* in pond waters of varying phytoplankton concentrations. *Amer. Midland. Nat.*, v. 91, p.509-512. 1974., 1974

- O'CONNOR, J.J. e ROBERTSON, E.F. "Pierre-Simon Laplace". *The MacTutor History of Mathematics archive*, Jan 1999, <<http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Laplace.html>>
- OBST, M. e FUNCH, P. Dwarf male of symbion pandora (cycliophora). *Journal of Morphology*, v.255, n.3, Mar, p.261-278. 2003.
- O'CONNOR, R. e HENRY, E.D.W. *Análise input-output e suas aplicações*. São Paulo: Livraria Martins Fontes, 1975. 228p.
- ODUM, E.P. *Ecologia. Bases científicas para un nuevo paradigma*. Barcelona: Ediciones Vedra, 1992. 283p.
- ODUM, E.P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1988. 434p.
- ODUM, E.P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1986. 434p.
- ODUM, E.P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1985. 434p.
- ODUM, E.P. *Fundamentos de Ecologia*. 6.ed., Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 927p.
- ODUM, E.P. Trophic structure and productivity of Silver Spring, Florida. *Ecol. Monogr.*, v.27, p.55-112. 1957.
- ODUM, H.T. e ODUM, E.C. *Modeling for all scales: an introduction to system simulation*. Academic Press. 2000. 458p.
- ODUM, H.T.; ODUM, E.C.; BROWN, M.T.; LAHART, D.; BERSOK, C. e SENDZIMIR, J.; *Environmental Systems and Public Policy*, Gainesville: University of Florida, 1988. 253p.
- OGATA, K. *Engenharia de controle moderno*. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1982. 929p.
- OGDEN, C.G. Shell structure in some pyriform species of *Diffugia* (Rhizopodea). *Arch. Protistenkd.* Jena, Alemanha, DE: Gustav Fischer, v.123, p.455-470. 1980.
- OGDEN, C.G. e FAIRMAN, S. Further observations of pyriform species of *diffugia* (Rhizopodea). *Arch. Protistenkd.* Jena, Alemanha, DE: Gustav Fischer, v.122, p.372-381. 1979.
- OGDEN, C.G. e HEDLEY, R.H. *An atlas of freshwater testate amoebae*. Oxford, British Museum (Natural History): Oxford University. 1980. 222p.
- OGDEN, C.G. Comparative morphology of some pyriform species of *diffugia* (Rhizopoda). *Arch. Protistenkd.* Jena, Alemanha, DE: Gustav Fischer, v.122, p.143-153. 1979.
- OHTA, S.; ONO, F.; SHIOMI, Y.; NAKAO, T.; AOZASA, O.; NAGATE, T.; KITAMURA, K.; YAMAGUCHI, S.; NISHI, M. e MIYATA, H. Anti-herpes simplex virus

- substances produced by the marine green alga, *Dunaliella primolecta*. **Journal of Applied Phycology**, Kluwer Academic Publishers, v.10, n.4, p.349-356. 1998.
- OLGUÍN, H.F.; SALIBIÁN, A. e PUIG, A. Comparative sensitivity of *Scenedesmus acutus* and *Chlorella pyrenoidosa* as sentinel organisms for aquatic ecotoxicity assessment: Studies on a highly polluted urban river. **Environmental Toxicology**, v.15, n.1, p.14-22. 2000.
- OLIVA, M.G.; LUGO, A.; ALCOCER, J.; PERALTA, L. e DEL ROSARIO SÁNCHEZ, M. Phytoplankton dynamics in a deep, tropical, hyposaline lake. **Hydrobiologia**, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.466, n.1-3, Dez, p.299-306. 2001.
- OLIVEIRA, M.A.; TORGAN, L.C. e RODRIGUES, S.C. Diatomáceas perifíticas dos Arroios Sampaio e Sampaio, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta. Bot. Bras.**, v.16, n.2, São Paulo, Abr, 2002.
- OLIVIER, S.R. Rotíferos planctónicos de Argentina con claves de las principales especies, datos biológicos y distribución geográfica. **Revista del museo de La Plata**, v.8, n.63, p.176-260. 1965.
- OLSON, M.B. e STROM, S.L. Phytoplankton growth, microzooplankton herbivory and community structure in the southeast Bering Sea: insight into the formation and temporal persistence of an *Emiliania huxleyi* bloom Deep Sea Research Part II. **Topical Studies in Oceanography**, Elsevier Science, v.49, n.26, Dez, p.5969-5990. 2002.
- OMAR, H.H. Adsorption of zinc ions by *Scenedesmus obliquus* and *S. quadricauda* and its effect on growth and metabolism. **Biologia Plantarum**, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/ The Netherlands, v.45, n.2, Jan, p.261-266. 2002a.
- OMAR, H.H. Bioremoval of zinc ions by *Scenedesmus obliquus* and *Scenedesmus quadricauda* and its effect on growth and metabolism. **International Biodeterioration and Biodegradation**, Elsevier Science, v.50, n.2, Set, p.95-100. 2002b.
- ONO, K.; HIBINO, T.; KOHINATA, T.; SUZUKI, S.; TANAKA, Y.; NAKAMURA, T.; TAKABE, T. e TAKABE, T. Overexpression of DnaK from a halotolerant cyanobacterium *Aphanothece halophytica* enhances the high-temperature tolerance of tobacco during germination and early growth. **Plant. Sci.**, v.160, n.3, Fev, p.455-461. 2001.
- OOMS-WILMS, A.L.; POSTEMA, G. e GULATI, R.D. Population dynamics of planktonic rotifers in Lake Loosdrecht, the Netherlands, in relation to their potential food and predators. **Freshwater Biology**, v.42, n.1, Ago, p.77-97. 1999.
- OPPENHEIM, A.V.; WILLISKY, A.S. e YOUNG, I.T. **Signals and systems**. Englewood C.: Prentice-Hall, 1983. 796p.
- ORLOVA, T.Y.; SELINA, M.S. e SHEVCHENKO, O.G. The Morphology of Cysts and Motile Cells of *Gyrodinium instriatum* (Dinophyta), a Species New to the Seas of

- Russia. *Russian Journal of Marine Biology*, Kluwer Academic/Plenum Publishers: New York/U.S.A. v.29, n.2, p.120-122. 2003.
- ORME, B.A.A.; OTTO, S.R. e BLAKE, J.R. Chaos and mixing in micro-biological fluid dynamics: blinking stokeslets. *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, v.24, n.17-18, Nov./Dez, p.1337-1349. 2001a.
- ORME, B.A.A.; OTTO, S.R. e BLAKE, J.R. Enhanced efficiency of feeding and mixing due to chaotic flow patterns around choanoflagellates IMA. *Journal of Mathematics Applied in Medicine and Biology*, Oxford University Press, v.18, n.3, p.293-325. 2001b.
- ORR, P.T.; JONES, G.J.; HUNTER, R.A. e BERGER, K. Exposure of beef cattle to sub-clinical doses of *Microcystis aeruginosa*: toxin bioaccumulation, physiological effects and human health risk assessment. *Toxicol*, Elsevier Science, v.41, n.5, p.613-620. 2003.
- ORÚS, M.I.; RODRÍGUEZ-BUEY, M.L.; MARCO, E. e FERNÁNDEZ-VALIENTE, E. Changes in carboxysome structure and grouping and in photosynthetic affinity for inorganic carbon in *Anabaena* strain PCC 7119 (Cyanophyta) in Response to Modification of CO₂ and Na⁺. *Supply Plant and Cell Physiology*, Oxford University Press, v.42, n.1, Jan, p.46-53. 2001.
- OTSUKA, S.; SUDA, S.; LI, R.; WATANABE, M.; OYAIZU, H.; MATSUMOTO, S. e WATANABE, M.M. Characterization of morphospecies and strains of the genus *Microcystis* (Cyanobacteria) for a reconsideration of species classification. *Phycological Research*, Blackwell Publishing, v.47, n.3, p.189-197. 1999.
- OUDRA, B.; LOUDIKI, M.; SBIYYAA, B.; SABOUR, B.; MARTINS, R.; AMORIM, A. e VASCONCELOS, V. Detection and variation of microcystin contents of *Microcystis* blooms in eutrophic Lalla Takerkoust Lake, Morocco. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, Blackwell Publishing, v.7, n.1, p.35-44. 2002.
- OVIE, S.I. e EGBORGE, A.B.M. The effect of different algal densities of *Scenedesmus acuminatus* on the population growth of *Moina micrura* Kurz (Crustacea: Anomopoda, Moinidae). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands. v.477, n.1-3, Jun, p.41-45. 2002.
- OWEN, R.B. Diatomaceous sedimentation in the Tertiary Lampang Basin, Northern Thailand. *Journal of Paleolimnology*, v.22, n.1, Jul, p.81-95, 1999.
- OWEN, R.B. e UTHA-AROON, C. Diatomaceous sedimentation in the Tertiary Lampang Basin, Northern Thailand Source: *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers, v.22, n.1, p.81-95. 1999.
- PACE, M.L.; FINDLAY, S.E.G. e FISCHER, D. Effects of an invasive bivalve on the zooplankton community of the Hudson River. *Freshwater Biology*, v.39, n.1, Fev, p.103-116. 1998.

- PADISÁK, J. e DOKULIL, M. Meroplankton dynamics in a saline, turbulent, turbid shallow lake (Neusiedlersee, Austria and Hungary). *Hydrobiologia*, v.289, n.1-3, p.23-42. 1994.
- PADISÁK, J.; BORICS, G.; FEHÉR, G.; GRIGORSZKY, I.; OLDAL, I.; SCHMIDT, A. e ZÁMBÓNÉ-DOMA, Z. Dominant species, functional assemblages and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.502, n.1-3, p.157-168. 2003a.
- PADISÁK, J.; SORÓCZKI-PINTÉR, É. e REZNER, Z. Sinking properties of some phytoplankton shapes and the relation of form resistance to morphological diversity of plankton – an experimental study: Aquatic Biodiversity (Guest Editor: Koen Martens). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.500, n.1-3, Jun, p.243-257. 2003b.
- PADISÁK, J.; TÓTH, L.G. e RAJ CZY, M. Stir-up effecto of wind on a more-or-less stratified shallow lake phytoplankton community, Lake Balanton, Hungary. *Hydrobiologia*, v.191, p.249-254. 1990.
- PAGANO, M.; KOFFI, M.A.; CECCHI, P.; CORBIN, D.; CHAMPALBERT, G. e SAINT-JEAN, L. An experimental study of the effects of nutrient supply and *Chaoborus predation* on zooplankton communities of a shallow tropical reservoir (Lake Brobo, Côte d'Ivoire). *Freshwater Biology*, v.48, n.8, Ago, p.1379-1395. 2003.
- PAGE, C.V. Behavioral equivalence between probabilistic and deterministic sequential machines. *Inf. Control*, Academic Press, v.9, p.469-520. 1966.
- PAGGI, J.C. Clarification of the taxonomic status of *Notodiatomus anisitsi* (Daday, 1905) and related species, with description of a new species from Argentina (Crustacea: Copepoda: Diaptomidae). *Hydrobiologia*, v.453, Jun, p.549-564. 2001.
- PAGGI, J.C. Contribucion al conocimiento de la fauna de cladoceros dulceros argentinos. *Physis: Sec. B*, v.32, n.84, p.105-114. 1973.
- PAGGI, J.C. Revision de las especies argentinas del genero *Bosmina* Baird agrupadas em el subgenero *Neobosmina* lieder (Crustacea: Cladocera). *Acta Zool. Lill.*, v.35, p.137-162. 1979.
- PAGGI, J.C. *Rotifera*. In: Ecosistemas de Águas Continentais. Metodologias para su estudio. Lopredo, E. C. e Tell, G. eds. La Plata, Ediciones SUR. v. 2. p.643-667. 1995.
- PALINSKA, K.A. e KRUMBEIN, W.E. Perforation patterns in the peptidoglycan wall of filamentous cyanobacteria. *Journal of Phycology*, v.36, n.1, Fev, p.139-145. 2000.
- PAN, Y.A.N.; STEVENSON, R.J.A.N.; VAITHIYANATHAN, P.; SLATE, J.E.N. e RICHARDSON, C.J. Changes in algal assemblages along observed and experimental phosphorus gradients in a subtropical wetland, U.S.A. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd.: Oxford/UK, v.44, n.2, Jun, p.339-353. 2000.

- PANAYOTOU, T. Mercados verdes: a economia do desenvolvimento alternativo. Rio de Janeiro: Mordica, 1994. 175p.
- PANOSSO, R.; CARLSSON, P.; KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; AZEVEDO, S.M.F.O. e GRANÉLI, E. Effect of grazing by a neotropical copepod, *Notodiaptomus*, on a natural cyanobacterial assemblage and on toxic and non-toxic cyanobacterial strains. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.25, n.9, Set, p.1169-1175. 2003.
- PARK, S.; BRETT, M.T.; MÜLLER-NAVARRA, D.C. e GOLDMAN, C.R. Essential fatty acid content and the phosphorus to carbon ratio in cultured algae as indicators of food quality for *Daphnia*. *Freshwater Biology*, v.47, n.8, Ago, p.1377-1390. 2002.
- PARKER, D.L.; MIHALICK, J.E.; PLUDE, J.L.; PLUDE, M.J.; CLARK, T.P.; EGAN, L.; FLOM, J.J.; RAI, L.C. e KUMAR, H.D. Sorption of metals by extracellular polymers from the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* fo. flos-aquae strain C3-40. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.12, n.3/5, Out, p.219-224. 2000.
- PARMANNE, R. e LINDSTRÖM, K. Annual variation in gobiid larval density in the northern Baltic Sea. *Journal of Fish Biology*, v.62, n.2, Fev, p.413-426. 2003.
- PARODI, E.R. e DE CAO, S.B. Benthic microalgal communities in the inner part of the Bahia Blanca estuary (Argentina): a preliminary qualitative study. *Oceanologica Acta*, Elsevier Science, v.5, n.5, p.279-284. 2002.
- PARROW, M.W. e BURKHOLDER, J.M. Estuarine heterotrophic cryptoperidiniopsoids (Dinophyceae): life cycle and culture studies. *Journal of Phycology*, v.39, n.4, Ago, p.678-696. 2003.
- PARSONS, M.L.; SCHOLIN, C.A.; MILLER, P.E.; DOUCETTE, G.J.; POWELL, C.L.; FRYXELL, G.A.; DORTCH, Q. e SONIAT, T.M. Pseudo-Nitzschia species (bacillariophyceae) in Louisiana coastal waters: molecular probe field trials, genetic variability, and domoic acid analyses. *Journal of Phycology*, v.35, n.6, Dez, p.1368-1378. 1999.
- PARZEN, E. *Processos Estocásticos*. Madrid: Paraninfo. 1972. 370p.
- PATEL, J.K. e READ, C.B. *Handbook of the normal distribution*. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1996. 431p.
- PATI, A.C. e BELMONTE, G. Disinfection efficacy on cyst viability of *Artemia franciscana* (Crustacea), *Hexarthra fennica* (Rotifera) and *Fabrea salina* (Ciliophora). *Marine Biology*, Springer-Verlag Heidelberg, v.142, n.5, Mai, p.895-904. 2003.
- PATOINE, A.; PINEL-ALLOUL, B. e PREPAS, E.E. Effects of catchment perturbations by logging and wildfires on zooplankton species richness and composition in Boreal Shield lakes. *Freshwater Biology*, v.47, n.10, Out, p.1996-2014. 2002.
- PATTEN, B.C. Bear Model for Aironduck National Park. *Ecol. Model.*, v.100, p.11-42. 1997.

- PATTEN, B.C. Energy Cycling in the ecosystem. *Ecological Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers. v.28, p1-71. 1985.
- PATTEN, B.C. Energy environment in ecosystems. In: FAZZOLARE, R.A. e SMITH, C.B. *Energy Use Management*, Vol. 3. New York: Pergamon, 1978b. p.853-857.
- PATTEN, B.C. Network trophic dynamics. *Ecological Modelling*. v.42, p.75-84. 1988.
- PATTEN, B.C. *Systems approach to the concept of environment*. Ohio J. Sci. v.78, n.4, p.206-223. 1978a.
- PATTEN, B.C. e HIGASHI, M. Modified cycling index for ecological applications. *Ecological Modelling*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., v.25, n.1-3. p.69-83. 1984.
- PATTEN, B.C.; BOSSERMAN, R.W.; FINN, J.T. e CALE, W.G. Propagation of cause in ecosystems. In: PATTEN, B.C. *Systems Analysis and Simulation in Ecology, Vol. 4*. New York: Academic Press, 1976. p.457-579.
- PATTEN, B.C.; HIGASHI, M. e BURNS, T.P. Trophic dynamics in ecosystem network: significance of cycles and storage. *Ecol. Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., v.51, p.1-28. 1990.
- PAULANI, L.M. e BRAGA, M.B. *A nova contabilidade social*. São Paulo: Saraiva, 2000. 297p.
- PAVLOVA, P.; MARKOVA, K.; TANEV, S. e DAVIS, JS. Observations on a solar saltworks near Burgas, Bulgaria. *International Journal of Salt Lake Research*, Kluwer Academic Publishers, v.7, n.4, p.357-368. 1998.
- PAYNE, M.C; JOHANSEN, J.R. e BOYER, S.C. Taxonomic resolution of *Leptolyngbya* (cyanophyta) utilizing the 16s rRNA gene sequence. *Journal of Phycology*, v.37, n.3, Jun, p.40-41. 2001.
- PECHURKIN, N.S.; BRILKOV, A.V.; GANUSOV, V.V.; KARGATOVA, T.V.; MAKSIMOVA, E.E. e POPOVA, L.Y. Modelling of genetically engineered microorganisms introduction in closed artificial microcosms. *Adv. Space Res.*, v.24, n.3, p.335-341. 1999.
- PEJLER, B. e BERZINS, B. On relation to substrate in sessile rotifers. *Hydrobiologia*. Dordrecht, Holanda, NL: Junk. 259:121-124, 1993.
- PELROY, R.A.; KIRK, M.R. e BASSHAM, J.A. Photosystem II regulation of macromolecule synthesis in the blue-green alga *Aphanocapsa* 6714. *J. Bacteriol.*, v.128, n.2, Nov, p.623-632. 1976a.
- PELROY, R.A.; LEVINE, G.A. e BASSHAM, J.A. Kinetics of light-dark CO₂ fixation and glucose assimilation by *Aphanocapsa* 6714. *J. Bacteriol.*, v.128, n.2, Nov, p.633-643. 1976b. PENNAK, R.W. *Freshwater invertebrates of United States*. New York: Ronald Press Company, 1953. 769p.

- PENNAK, R.W. *Freshwater invertebrates of United States. Protozoa to mollusca*. 3.ed. New York: John Wiley & Sons. C.17, 1991. p. 410-442.
- PENNO, S.; CAMPBELL, L. e HESS, W.R. Presence of phycoerythrin in two strains of *Prochlorococcus* (cyanobacteria) isolated from the subtropical north pacific ocean. *Journal of Phycology*, v.36, n.4, Ago, p.723-729. 2000.
- PEREIRA, R.; SOARES, A.M.V.M.; RIBEIRO, R. e GONCALVES, F. Assessing the trophic state of Linhos lake: a first step towards ecological rehabilitation. *Journal of Environmental Management*, Academic Press: London, v.64, n.3, Mar, p.285-297. 2002.
- PÉRÈS, F.; COSTE, M.; RICARD, F. e BOUDOU, A. Effects of methylmercury and inorganic mercury on periphytic diatom communities in freshwater indoor microcosms. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.9, n.3, p.215-227. 1997.
- PÉREZ-LEGASPI, I.A.; RICO-MARTÍNEZ, R. Acute toxicity tests on three species of the genus *Lecane* (Rotifera: Monogononta). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.446/447, n.1, Mar, p.375-381. 2001.
- PÉREZ-LEGASPI, I.A.; RICO-Martínez, R. Effect of temperature and food concentration in two species of littoral rotifers. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.387/388, n.1, p.341-348. 1998.
- PERIN FILHO, C. *Introdução à simulação de sistemas*. Campinas/SP: Editora da UNICAMP, 1995. 163p.
- PERKINS, R.G. e UNDERWOOD, G.J.C. Partial recovery of a eutrophic reservoir through managed phosphorus limitation and unmanaged macrophyte growth. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.481, n.1, p.75-87. 2002.
- PETERKA, J.; MATÍNA, J. e LIPKA, J. The diet and growth of larval and juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)): A comparative study of fishponds and a reservoir. *Aquaculture International*, v.11, n.4, Jan, p.337-348. 2003.
- PETERSON, C.G. e JONES, T.L. Diatom viability in insect fecal material: comparison between two species, *Achnanthes lanceolatum* and *Synedra ulna*. *Hydrobiologia*, v.501, n.1, Jul, p.93-99. 2003.
- PETERSON, C.G.; VORMITTAG, K.A. e VALETT, A.M. Ingestion and digestion of epilithic algae by larval insects in a heavily grazed montane stream. *Freshwater Biology*, v.40, n.4, Dez, p.607-623. 1998.
- PHILLIPS, A. The Tableau Économique as a simple Leontief model. *The Quarterly Journal of Economics*, Cambridge, v.69, n.1, p. 137-144, fev. 1955.
- PHILLIPS, K.A. e FAWLEY, M.W. Winter phytoplankton community structure in three shallow temperate lakes during ice cover. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.470, n.1, p.97-113. 2002.

- PHILLIPSON, J. *Ecologia energética*. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 1969. 93 p. (Estudos de Biologia, v. 1).
- PICARD, V. e LAIR, N. The influence of autotrophic and heterotrophic foods on the demography of *Daphnia longispina* under starved, semi-natural and enriched conditions. *Journal of Plankton Research*. London, GB: Information Retrieval, v.22, n.10; p.1925-1944. 2000.
- PIETSCH, C.; WIEGAND, C.; AMÉ, M.V.; NICKLISCH, A.; WUNDERLIN, D. e PFLUGMACHER, S. The effects of a cyanobacterial crude extract on different aquatic organisms: Evidence for cyanobacterial toxin modulating factors. *Environmental Toxicology*, v.16, n.6, p.535-542. 2001.
- PILETTE, R. e KINCAID, D.T. First flow-thru analysis in ecosystem studies. *Ecol. Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. v.64, p.1-10. 1992.
- PILLSBURY, R.W. e LOWE, R.L. The response of benthic algae to manipulations of light in four acidic lakes in northern Michigan. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.394, n.1, p.69-81. 1999.
- PINTO, G.; POLLIO, A.; PREVITERA, L. e TEMUSSI, F. Biodegradation of phenols by microalgae. *Biotechnology Letters*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.24, n.24, Dez, p.2047-2051. 2002.
- PINTO-COELHO, R.M. Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4-year study in Pampulha Lake, Brazil. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.40, n.1, p.159-173. 1998.
- PINTO-COELHO, R.M. *Fundamentos em ecologia*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 252p.
- PIRES, L.M.D. e VAN DONK, E. Comparing grazing by *Dreissena polymorpha* on phytoplankton in the presence of toxic and non-toxic cyanobacteria. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.47, n.10, p.1855-1865. 2002.
- PIRES, L.M.D.; KUSSEROW, R. e VAN DONK, E. Influence of toxic and non-toxic phytoplankton on feeding and survival of *Dreissena polymorpha* (Pallas) larvae. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.491, n.1, p.193-200. 2003.
- PIZZOLON, L.; TRACANNA, B.; PRÓSPERI, C. e GUERRERO, J.M. Cyanobacterial blooms in Argentinean inland waters. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.4, n.3-4, Set, p.101-105. 1999.
- PLANTE, A.J. e ARTS, M.T. Effects of chronic, low levels of UV radiation on carbon allocation in *Cryptomonas erosa* and competition between *C.erosa* and bacteria in continuous cultures. *Journal of Plankton Research*. Oxford University Press, v.22, n.7, p.1277-1298. 2000.
- PLANTE, A.J. e ARTS, M.T. Photosynthate production in laboratory cultures (UV conditioned and unconditioned) of *Cryptomonas erosa* under simulated doses of UV

- radiation. *Aquatic Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands December, v.32, n.4, p.297-312. 1998.
- PLATT, T. e SPITZE, K. Genetic variation in a subtropical population of *Daphnia*. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.435, n.1, p.191-196. 2000.
- PODEMSKI, C.L. e CULP, J.M. Toxicant interactions with food algae: A missing link between laboratory and field effects? *Environmental Toxicology*, v.16, n.1, p.31-42. 2001.
- POHNERT, G. e BOLAND, W. Biosynthesis of the algal pheromone hormosirene by the freshwater diatom *Gomphonema parvulum* (Bacillariophyceae). *Tetrahedron*, Elsevier Science, v.52, n.30, Jul, p.10073-10082. 1996.
- POKORNY, J. e HAUSER, V. The restoration of fish ponds in agricultural landscapes. *Ecological Engineering*, Elsevier Science, v.18, n.5, p.555-574. 2002.
- PORTER, K.G.; PACE, M.L e BATTEY, J.F. Ciliate protozoans as links in freshwater planktonic food chains. *Nature*, v.277, p.563-565. 1979.
- POTAPOVA, M.G. e CHARLES, D.F. Benthic diatoms in USA rivers: distributions along spatial and environmental gradients. *Journal of Biogeography*, v.29, n.2, Fev, p.167-187. 2002.
- POUVREAU, S.; JONQUIERES, G. e BUESTEL, D. Filtration by the pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, under conditions of low seston load and small particle size in a tropical lagoon habitat. *Aquaculture*, Elsevier Science, v.176, n.3, Jun, p.295-314. 1999.
- PRADHAN, S. e RAI, L.C. Biotechnological potential of *Microcystis* sp. in Cu, Zn and Cd biosorption from single and multimetallic systems. *BioMetals*, Kluwer Academic Publishers, v.14, n.1, p.67-74. 2001.
- PRADHAN, S. e RAI, L.C. Copper removal by immobilized *Microcystis aeruginosa* in continuous flow columns at different bed heights: study of the adsorption/desorption cycle *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Kluwer Academic Publishers, v.17, n.9, p.829-832. 2001.
- PRASAD, S.; Patil, B.D. e Hazra, C.R. An introduction to systems and models. *Ecological Modelling*, v.18, p.73-83. 1983.
- PREMAZZI, G.; DALMIGLIO, A.; CARDOSO, A.C. e CHIAUDANI, G. Lake management in Italy: the implications of the Water Framework Directive. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, v.8, n.1, Mar, p.41-59. 2003.
- PROKHOTSKAYA, V.Y.; VESELOVSKII, V.A.; VESELOVA, T.V.; DMITRIEVA, A.G. e ARTYUKHOVA, V.I. On the nature of the three-phase response of *Scenedesmus quadricauda* populations to the action of imazalil sulfate. *Russian Journal of Plant Physiology*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: U.S.A., v.47, n.6, Nov, p.772-778. 2000.

- QIU, B. e GAO, K. Effects of CO₂ enrichment on the bloom-forming cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* (cyanophyceae): physiological responses and relationships with the availability of dissolved inorganic carbon. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.38, n.4, p.721-729. 2002.
- QUEEN'S UNIVERSITY AT KINGSTON. "Léon Walras (1834-1910)". *Noted economists*, Ago 2000. < <http://qed.econ.queensu.ca/walras/bios/walras.html>>
- QUEIMALIÑOS, C.P.; MODENUTTI, B.E. e BALSEIRO, E.G. Phytoplankton responses to experimental enhancement of grazing pressure and nutrient recycling in a small Andean lake. *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.40, n.1, p.41-49. 1998.
- QUESADA, A.; JUTTNER, F.; ZOTINA, T.; TOLOMEYEV, A.P. e DEGERMENDZHY, A.G. Heterotrophic capability of a metalimnetic plankton population in saline Lake Shira (Siberia, Khakasia). *Aquatic Ecology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.36, n.2, Abr, p.219-227. 2002.
- QUESNAY, F. *Quadro econômico*. Recife: Univ. de Pernambuco, 1978. 39p.
- RADWAY, .C.; WILDE, E.W.; WHITAKER, M.J. e WEISSMAN, J.C. Screening of algal strains for metal removal capabilities. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.13, n.5, Out, p.451-455. 2001b.
- RADWAY, J.C.; WILDE, E.W.; WHITAKER, M.J. e WEISSMAN, J.C. Screening of algal strains for metal removal capabilities. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.13, n.3, Jun, p.287-291. 2001a.
- RAFTERY, A.E.; GIVENS, G.H. e ZEH, J.E. Inference from a deterministic population dynamics model for bowhead whales. *Journal of the American Statistical Association*, v.90, p 402-430. 1995.
- RAGHUKUMAR, C.; VIPPARTY, V.; DAVID, J.J. e CHANDRAMOHAN, D. Degradation of crude oil by marine cyanobacteria. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, v.57, n.3, Out, p.433-436. 2001.
- RAKHLEEVA, A.A. *Testaceans* (Testacea, Protozoa) of Taiga Soils in Western Siberia (Surgut Polesye). *Biology Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, Kluwer Academic/Plenum Publishers: New York/U.S.A., v.29, n.6, Nov, p.618-627. 2002.
- RAMADE, F. *Ecology of natural resources*. Chichester: J. Wiley, 1981. 231 p.
- RAMALHO, C.B.; HASTINGS, J.W. e COLEPICOLO, P. Circadian oscillation of nitrate reductase activity in *Gonyaulax polyedra* is due to changes in cellular protein levels. *Plant Physiol.*, v.107, n.1, Jan, p.225-231. 1995.
- RAMÍREZ GARCÍA, P.; NANDINI, S.; SARMA, S.S.S.; ROBLES VALDERRAMA, E.; CUESTA, I. e HURTADO, M.D. Seasonal variations of zooplankton abundance in the freshwater reservoir Valle de Bravo (Mexico). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.467, n.1-3, Jan, p.99-108. 2002.

- RAMOS, R.L.O.; MOREIRA, A.R.B. e ROSA, M.A. Construção de uma matriz energética para o Brasil. *Texto para Discussão: IPEA*, Brasília. n.315, Set., p.1-17. 1993.
- RAMPAZZO, S.E. A questão ambiental no contexto do desenvolvimento econômico. *Perspectiva*, Erechim: RS. v.20, n.72, Dez., p.19-43. 1996.
- RANDHAWA, V.K.; ZHOU, F.; JIN, X.; NALEWAJKO, C. e KUSHNER, D.J. Role of oxidative stress and thiol antioxidant enzymes in nickel toxicity and resistance in strains of the green alga *Scenedesmus acutus f. alternans*. *Canadian Journal of Microbiology*, National Research Council of Canada, v.47, n.11, Nov, p.987-993. 2001.
- RAO, T. e KUMAR, R. Patterns of prey selectivity in the cyclopoid copepod *Mesocyclops thermocyclopoides*. *Aquatic Ecology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.36, n.3, Ago, p.411-424. 2002.
- RASCHER, U.; LAKATOS, M.; BUDEL, B. e LUTTGE, U. Photosynthetic field capacity of cyanobacteria of a tropical inselberg of the Guiana Highlands. *European Journal of Phycology*, Taylor and Francis Ltd., v.38, n.3, p.247-256. 2003.
- RATTNER, H. *Liderança para uma sociedade sustentável*. São Paulo: Nobel, 1999. 272p.
- RAVEN, J.A. e GIRARD-BASCOU, J. Algal model systems and the elucidation of photosynthetic metabolism. *Journal of Phycology*, v.37, n.6, Dez, p.943-950. 2001.
- RAY, S. e BAGCHI, S.N. Nutrients and pH regulate algicide accumulation in cultures of the cyanobacterium *Oscillatoria laetevirens*. *New Phytologist*, Blackwell Publishing, v.149, n.3, p.455-460. 2001.
- RAZJIGAEVA, N.G.; KOROTKY, A.M.; GREBENNIKOVA, T.A.; GANZEY, L.A.; MOKHOVA, L.M.; BAZAROVA, V.B.; SULERZHITSKY, L.D. e LUTAENKO, K.A. Holocene climatic changes and environmental history of Iturup Island, Kurile Islands, northwestern Pacific. *The Holocene*, Arnold, v.12, n.4, p.469-480. 2002.
- REICHLER, D.E.; O'NEILL, R.V.; KAYE, S.V.; SOLLINS, P. e BOOTH, R.S. Systems analysis as applied to modeling ecological processes. *OIKO*, Copenhagen, v.24, p.337-343. 1973.
- REID, G. e WILLIAMS, D.M. Systematics of the *Gyrosigma balticum* complex (Bacillariophyta), including three new species. *Phycological Research*, Blackwell Science Pty., v.51, n.2, Jun, p.126-142. 2003.
- REPKA, S. Effects of food type on the life history of *Daphnia* clones from lakes differing in trophic state. II. *Daphnia cucullata* feeding on mixed diets. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd: Oxford, UK, v.38, n.3, p.685-692. 1997.
- REYNOLDS, C.S. The long, the short and the stalled - on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. *Hydrobiologia*, v.289, n.1-3, p.9-21. 1994.

- REZANKA, T.; DOR, I.; PRELL, A. e DEMBITSKY, V.M. Fatty acid composition of six freshwater wild cyanobacterial species. *Folia Microbiol.*, Praha, v.48, n.1, p.71-75. 2003.
- RIBEIRO, D.C. Interligações da Lagoa Pinguela. <<http://www.embramic.com.br/pinguela/mapa.htm>>, 2000.
- RIBEIRO, L.; BROTAS, V.; MASCARELL, G. e COUTE, A. Taxonomic survey of the microphytobenthic communities of two Tagus estuary mudflats. *Acta Ecologica*, Elsevier Science, v.24, n.1001, Mai, p.117-123. 2003.
- RICCI, T.F. *Um modelo estocástico para a dinâmica do momento magnético de partículas superparamagnéticas*, Porto Alegre, 1996. 115p. Tese de Doutorado em Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- RICHEY, J.E.; WISSMAR, R.C.; DEVOL, A.H.; LIKENS, G.E.; EATON, J.S.; WETZEL, R.G.; ODUM, W.E.; JOHNSON, N.M.; LOUCKS, O.L.; PRENTKI, R.T. e RICH, P.H. *Carbon flow in four lake ecosystems: A structural approach*. Science. Massachusetts: American Association for the Advancement of Science, v.202, p.1183-1186. 1978.
- RICHTER, R.; HEJAZI, M.; KRAFT, R.; ZIEGLER, K. e LOCKAU, W. Cyanophycinase, a peptidase degrading the cyanobacterial reserve material multi-L-arginyl-poly-L-aspartic acid (cyanophycin). Molecular cloning of the gene of Synechocystis sp. PCC 6803, expression in *Escherichia coli*, and biochemical characterization of the purified enzyme. *European Journal of Biochemistry*, v.263, n.1, Jul, p.163-169. 1999.
- RICKLEFS, R.E. *Ecology*. 3.ed. Middlesex: Nelson, 1996. 966p.
- RICO-MARTÍNEZ, R. e SNELL, T.W. Mating behavior in eight rotifer species: using cross-mating tests to study species boundaries. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.356, n.1/3, p.165-173. 1997.
- RIGLER, F.H. The relation between concentration of food and feeding rate of *Daphnia magna* Straus. *Canadian Journal of Zoology*, v.39, p.857-868. 1961.
- RIKARDSSEN, A.H.; AMUNDSEN, P.A. e BODIN, P.J. Foraging behaviour changes of Arctic charr during smolt migration in northern Norway. *Journal of Fish Biology*, Elsevier Science, v.60, n.2, Fev, p.489-491. 2002.
- ROBERTS, L.E.J. *Power generation and the environment*. Oxford : Oxford University Press, 1990. 207 p. (Science, Technology, and Society Series ; 6)
- RODRIGO, M.A.; ARMENGOL-DÍAZ, X.; OLTRA, R.; DASÍ, M.J. e COLOM, W. Environmental variables and planktonic communities in two ponds of el Hondo Wetland (SE Spain). *International Review of Hydrobiology*. v.86, n.3, p.299-315. 2001.
- RODRIGO, M.A.; VICENTE, E. e MIRACLE, M.R. The physical, chemical and biological characteristics of the holomictic sulphated Lake Arcas-2 (Cuenca, Spain). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.418, n.1, p.153-168. 2000.

- RODRÍGUEZ-BUEY, M.L. e ORÚS, M.I. The response of *Synechococcus* PCC 7942 (Cyanophyta) to changes in CO₂ supply in relation to the acclimation of the CO₂-concentrating mechanism. II. Carboxysomes. *Journal of Plant Physiology*, Urban & Fischer Verlag, v.158, n.3, Mar, p.335-345. 2001a.
- RODRÍGUEZ-BUEY, M.L. e ORÚS, M.I. The response of *Synechococcus* PCC7942 (Cyanophyta) to changes in CO₂ supply in relation to the acclimation of the CO₂-concentrating mechanism. I: physiological study. *Journal of Plant Physiology*, Urban & Fischer Verlag, v.158, n.3, Mar, p.325-334. 2001.
- ROHATGI, V.K. *An introduction to probability theory and mathematical statistics*. New York: John Wiley & Sons, 1976. 684p.
- ROHATGI, V.K. *Statistical Inference*, New York: John Wiley & Sons, Inc. 1984.
- ROMERO, O.E.; HEBBELN, D. e WEFER, G. Temporal and spatial variability in export production in the SE Pacific Ocean: evidence from siliceous plankton fluxes and surface sediment assemblages Deep Sea Research Part I. *Oceanographic Research Papers*, Elsevier Science, v.48, n.12, Dez, p.2673-2697. 2001.
- ROSS, S.M. *Stochastic processes*. 2.ed. New York: J. Willey, 1996. 510p.
- ROSSETTI, J.P. *Contabilidade nacional: uma abordagem introdutória*. São Paulo: Atlas, 1982. 307p.
- ROSSETTI, J.P. *Contabilidade social*. 7.ed., São Paulo: Atlas, 1992. 320p.
- ROSSI, J.V.; ROBERTS, M.A.; YOO, H.D. e GERWICK, W.H. Pilot scale culture of the marine cyanobacterium *Lyngbya majuscula* for its pharmaceutically-useful natural metabolite curacin A. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers, v.9, n.3, p.195-204. 1997.
- ROSSI, L.M. Ontogenetic diet shifts in a neotropical catfish, *Sorubim lima* (Schneider) from the River Paraná System Fisheries. *Management and Ecology*, v.8, n.2, Abr, p.141-152, 2001.
- RUBINSTEIN, R.Y. *Simulation and the Monte Carlo method*. New York: J. Wiley; Chichester: J. Wiley, 1981. 278p.
- RUGGIU, D. Paleoecological evidence for diatom response to metal pollution in Lake Orta (N. Italy). *Journal of Paleolimnology*, v.20, n.4, Dez, p.333-345. 1998.
- RÜHLAND, K.M. e SMOL, J.P. Freshwater diatoms from the canadian arctic treeline and development of paleolimnological inference models. *Journal of Phycology*. v.38, n.2, p.249-264. 2002.
- RUSSELL, C.R. A Reference List of the Rotatoria of New Zealand, with Ecological Notes. *Transactions of the Royal Society of New Zealand*, v.75, n.2, p.102-123. 1945.
- RUTTNER-KOLISKO, A.. Problems in taxonomy of rotifers, exemplified by the filinia logiseta-terminalis complex. *Hydrobiologia*, v.186/187, p.291-298. 1989.

- SABATER, S. Diatom communities as indicators of environmental stress in the Guadiamar River, S-W. Spain, following a major mine tailings spill. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.12, n.2, p.113-124. 2000.
- SABATER, S. e CARRASCO, J.M. Effects of the organophosphorus insecticide fenitrothion on growth in five freshwater species of phytoplankton. *Environmental Toxicology*, v.16, n.4, p.314-320. 2001.
- SABATER, S.; BUCHACA, T.; CAMBRA, J.; CATALAN, J.; GUASCH, H.; IVORRA, N.; MUÑOZ, I.; NAVARRO, E.; REAL, M.; ROMANÍ, A. Structure and function of benthic algal communities in an extremely acid river. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.39, n.3, Jun, p.481-489. 2003.
- SABATER, S.; GREGORY, S.V. e SEDELL, J.R. Community dynamics and metabolism of benthic algae colonizing wood and rock substrata in a forest stream. *Journal of Phycology*, v.34, n.4, Ago, p.561-567. 1998.
- SAGULA, R.L. *Modelagem analítica: formalismos e ferramentas*. Trabalho individual. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1999. 45 f.
- SAITO, K.; ISHII, H.; NISHIDA, F.; SAITO, H.; ABE, T. e TOYOTA, Y. Purification of microcystins by DEAE and C 18 cartridge chromatography. *Toxicon*, Elsevier Science, v.40, n.1, p.97-101. 2002.
- SAITO, T.; SUGIURA, N.; ITAYAMA, T.; INAMORI, Y. e MATSUMURA, M. Biodegradation of *Microcystis* and *Microcystins* by *Indigenous* nanoflagellates on biofilm in a practical treatment facility. *Environmental Technology*, Selper Ltd., v.24, n.2, p.143-151. 2003.
- SAKUMA, M.; HANAZATO, T.; NAKAZATO, R. e HAGA, H. Methods for quantitative sampling of epiphytic microinvertebrates in lake vegetation. *Limnology*, Springer-Verlag: Tokyo, v.3, n.2, p.115-119. 2002.
- SALENÇON, M.J. e THÉBAULT, J.M. Simulation model of a mesotrophic reservoir (Lac de Pareloup, France): MELODIA, na ecosystem reservoir management model. *Ecological Modelling*, v.84, n.1-3, p.163-187. 1996.
- SALMASO, N. Factors affecting the seasonality and distribution of cyanobacteria and chlorophytes: a case study from the large lakes south of the Alps, with special reference to Lake Garda. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.438, n.1/3, Nov, p.43-63. 2000.
- SALMASO, N. Life strategies, dominance patterns and mechanisms promoting species coexistence in phytoplankton communities along complex environmental gradients. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.502, n.1-3, p.13-36. 2003.
- SALOMON, P.S.; Janson, S. e Granéli, E. Multiple species of the dinophagous dinoflagellate genus *Amoebophrya* infect the same host species. *Environmental Microbiology*, v.5, n.11, p.1046-1052. 2003.

- SAMPAIO, E.V.; ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T. e TUNDISI, J.G. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Braz. J. Biol.*, v.62, n.3, Ago, p.525-545. 2002.
- SANDGREN, P.; SNOWBALL, I.F.; HAMMARLUND, D. e RISBERG, J. Stratigraphic evidence for a high marine shore-line during the late Weichselian deglaciation on the Kullen Peninsula, southern Sweden. *Journal of Quaternary Science*, v.14, n.3, Mai, p.223-237. 1999.
- SANDMANN, G. e MALKIN, R. Light inhibition of respiration is due to a dual function of the cytochrome b6-f complex and the plastocyanin/cytochrome c-553 pool in *Aphanocapsa*. *Arch Biochem. Biophys.*, v.234, n.1, Out, p.105-111. 1984.
- SANO, M.; OMORI, M. e TANIGUCHI, K. Predator-prey systems of drifting seaweed communities off the Tohoku coast, northern Japan, as determined by feeding habit analysis of phytal animals. *Fisheries Science*, v.69, n.2, Abr, p.260-268. 2003.
- SANOAMUANG, L.O. Contributions to the knowledge of the *Cladocera* of north-east Thailand. *Hydrobiologia*, v.362, n.1, Jan, p.45-53. 1997.
- SANOAMUANG, L.O. Rotifera of some freshwater habitats in the floodplain of the River Nan, northern Thailand. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.387/388, n.1, p.27-33. 1998.
- SANOAMUANG, L.O. e SAVATENALINTON, S. New records of rotifers from Nakhon Ratchasima province, northeast Thailand, with a description of *Lecane baimaii* n. sp. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.412, n.1, Out, p.95-101. 1999.
- SANOAMUANG, L.O. e SAVATENALINTON, S. The rotifer fauna of Lake Kud-Thing, a shallow lake in Nong Khai Province, northeast Thailand. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.446/447, n.1, Mar, p.297-304. 2001.
- SANTIAGO, G.M.C. e FILGUEIRAS, H.V. *Matriz de insumo-produto: Brasil 1995*. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 217p.
- SANTOS, S. O que é e como se constrói uma matriz de contabilidade social – aplicação a Portugal em 1990. *Estudos de Economia*. Universidade Técnica de Lisboa: Lisboa, v.15, n.2, p-199-227. 1995.
- SARAMAJA-KORJONEN, K. Correlation of fluctuations in cladoceran planktonic:littoral ratio between three cores from a small lake in southern Finland: Holocene water-level changes. *The Holocene*, Arnold, v.11, n.1, p.53-63. 2001.
- SARMA, S.S.S. e NANDINI, S. Studies on functional response and prey selection using zooplankton in the anostracan *Chirocephalus diaphanus* Prevost, 1803. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.486, n.1, p.169-174. 2002.

- SARMA, S.S.S.; ELGUEA-SÁNCHEZ, B. e NANDINI, S. Effect of salinity on competition between the rotifers *Brachionus rotundiformis* Tschugunoff and *Hexarthra jenkiniae* (De Beauchamp) (Rotifera). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.474, n.1-3, Abr, p.183-188. 2002.
- SARMA, S.S.S.; NANDINI, S. e GULATI, R.D. Cost of reproduction in selected species of zooplankton (rotifers and cladocerans). *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.481, n.1, p.89-99. 2002.
- SARMAJA-KORJONEN, K. Multi-proxy data from Kaksoislammi Lake in Finland: dramatic changes in the late *Holocene* cladoceran assemblages. *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.28, n.3, Set, p.287-296. 2002.
- SAUNDERS, P.; PORTER, K. e TAYLOR, B. Population dynamics of *Daphnia* spp. and implications for trophic interactions in small, monomictic lake. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.21, n.10, p.1823-1845. 1999.
- SCHÄFER, A. *Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1985. 534p.
- SCHILLER, J. *Dinoflagellatae (peridineae) in monographischer behandlung*. In: Rabenhorst, L. Kryptogamen-Flora. Leipzig, Academic Verlag, teil 2, 1937. 617 p.
- SCHMID, A.M.M. “Scattered cp-nucleoids” in diatoms explained: bacteria - inside the endoplasmic reticulum - pierce the plastids of *Pinnularia*. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.36, n.3, Dez, p.61-62. 2000.
- SCHMID, A.M.M. Endobacteria in the *Diatom pinnularia* (bacillariophyceae). I. “scattered ct-nucleoids” explained: dapi-dna complexes stem from exoplastidial bacteria boring into the chloroplasts. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.39, n.1, Fev, p.122-138. 2003a.
- SCHMID, A.M.M. Endobacteria in the *Diatom pinnularia* (bacillariophyceae). II. Host cell cycle-dependent translocation and transient chloroplast scars. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.39, n.1, Fev, p.139-153. 2003b.
- SCHMIDT, A. e SANDMANN, G. Cloning and nucleotide sequence of the crtI gene encoding phytoene dehydrogenase from the cyanobacterium *Aphanocapsa* PCC6714. *Gene*, v.91, n.1, Jul, p.113-117. 1990.
- SCHMIDT, A.; SANDMANN, G.; ARMSTRONG, G.A.; HEARST, J.E. e BOGER, P. Immunological detection of phytoene desaturase in algae and higher plants using an antiserum raised against a bacterial fusion-gene construct. *Eur. J. Biochem.*, v.184, n.2, Set, p.375-378. 1989.
- SCHMIDT, A.R.; VON EYNATTEN, H. e WAGREICH, M. The mesozoic amber of Schliersee (southern Germany) is cretaceous in age. *Cretaceous Research*, Academic Press: Harcourt Place/London, v.22, n.4, Ago, p.423-428. 2001.

- SCHMIDT, J.W. e TAYLOR, R.E. *Simulation and analysis of industrial systems*. Homewood: R.D. Irwin, 1970. 129p.
- SCHMIDT, K.; KOSKI, M.; ENGSTRÖM-ÖST, J. e ATKINSON, A. Development of Baltic Sea zooplankton in the presence of a toxic cyanobacterium: a mesocosm approach. *Journal of Plankton Research*, Oxford University Press, v.24, n.10, Out, p.979-992. 2002.
- SCHNITCHEN, C.; MAGYARI, E; TÓTHMÉRÉSZ, B.; GRIGORSZKY, I. e BRAUN, M. Micropaleontological observations on a *Sphagnum* bog in East Carpathian region – testate amoebae (Rhizopoda: Testacea) and their potential use for reconstruction of micro- and macroclimatic changes. *Hydrobiologia*, v.506, n.1, Nov, p.45-49. 2003.
- SCHONBORN, W. Studien über die testaceenbesiedlung der seen und tumpel des Abisko-Gebietes (Schwedisch-Lappland). *Hydrobiologia*. Dordrecht, Holanda, NL: Junk. v.46, n.1, p.115-139. 1975.
- SCHONBORN, W. Taxozonotik der beschalten Susswasser-Rhizopoden eine raumstrukturanalytische untersuchung über lebensraumerweiterung und evolution bei der mikrofauna. *Limnologica*. Berlin: Forschungsstelle für Limnologie, Deutsche Akademie der Wissenschaften, v.5, n.2, p.159-207. 1967.
- SCHONBORN, W. The sediment-inhabiting Testacea from some Masurian Lakes. *Acta Protozoologica*, v.3, p.297-309. 1965.
- SCHONBORN, W. Untersuchungen über die testaceen Schwedisch-lapplands ein beitrage zur systematik und ökologie der beschalten rhizopoden. *Limnologica*. v.4, n.3, p.517-559. 1966.
- SCHONBORN, W. e PESCHKE, T. Biometric studies on species, races, ecophenotypes and individual variations of soil-inhabiting Testacea (Protozoa, Rhizopoda), including *Trigonopyxis minuta* n. sp. and *Corythion asperulum* n. sp. *Arch. Protistenkd.* Jena, Alemanha, DE: Gustav Fischer. v.136, p.345-363. 1988.
- SCHOUTEN, S.; KLEIN BRETELER, W.C.M.; BLOKKER, P.; SCHOOGT, N.; RIJPSTRA, W.I.C.; GRICE, K.; BAAS, M. e SINNINGHE DAMSTÉ, J.S. Biosynthetic effects on the stable carbon isotopic compositions of algal lipids: implications for deciphering the carbon isotopic biomarker record - Relevance for interpretation of the geochemical record of biomarkers. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Elsevier Science, v.62, n.8, Abr, p.1397-1406. 1998.
- SCHOUTEN, S.; MOERKERKEN, P.; GELIN, F.; BAAS, M.; LEEUW, J.W.D. e DAMSTE, J.S.S. Structural characterization of aliphatic, non-hydrolyzable biopolymers in freshwater algae and a leaf cuticle using ruthenium tetroxide degradation. *Phytochemistry*, Elsevier Science, v.49, n.4, Out, p.987-993. 1998.
- SCHRANK, E. e MAHMOUD, M.S. New taxa of angiosperm pollen, miospores and associated palynomorphs from the early Late Cretaceous of Egypt (Maghrabi Formation, Kharga Oasis). *Review of Palaeobotany and Palynology*, Elsevier Science, v.112, n.1, Out, p.167-188. 2000.

- SCHRÖTER, D.; WOLTERS, V. e DE RUITER, P.C. C and N mineralisation in the decomposer food webs of a European forest transect. *Oikos*, v.102, n.2, Ago, p.294-308. 2003.
- SCHWARZBOLD, A. e SCHÄFER, A. Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul. *Amazoniana*, v.9, n.1, p.87-104. 1984.
- SCHWOERBEL, J. *Handbook of Limnology*. Chichester: John Wiley & Sons, 1987. 228p.
- SEARLE, M.S.; ZERELLA, R.; WILLIAMS, D.H. e PACKMAN, L.C. Native-like beta-hairpin structure in an isolated fragment from ferredoxin: NMR and CD studies of solvent effects on the N-terminal 20 residues. *Protein Eng.*, v.9, n.7, Jul, p.559-565. 1996.
- SEARLES, P.S.; FLINT, S.D.; DÍAZ, S.B.; ROUSSEAU, M.C.; BALLARÉ, C.L. e CALDWELL, M.M. Solar ultraviolet-B radiation influence on *Sphagnum* bog and *Carex* fen ecosystems: first field season findings in Tierra del Fuego, Argentina. *Global Change Biology*, v.5, n.2, Fev, p.225-234. 1999.
- SEARLES, P.S.; KROPP, B.R.; FLINT, S.D. e CALDWELL, M.M. Influence of solar UV-B radiation on peatland microbial communities of southern Argentina. *New Phytologist*, v.152, n.2, Nov, p.213-221. 2001.
- SEGERS, H. *Rotifera*. v.2: The Lecanidae (Monogononta). Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Thomas Nogrady. Henri J. Dumont. The Hague: SPB Academic Publishing. 1993. 226 p.
- SEGERS, H. Zoogeography of the Southeast Asian Rotifera. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.446/447, n.1, Mar, p.233-246. 2001.
- SEGERS, H. e DE MEESTER, L. Rotifer of Papua New Guinea, with the description of a new *Scaridium* Ehrenberg, 1830. *Archiv Fur Hydrobiologie*. Stuttgart, Alemanha, DE: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, v.131, n.1, p.111-125. 1994.
- SEGERS, H. e RICO-MARTINEZ, R. The male of *Lecane bulla* (Gosse, 1851): new support for the synonymy of *Lecane Nitzsch*, *Monostyla Ehrenberg* and *Hemimonostyla Bartos*. *Journal of Natural History*, Taylor and Francis Ltd., v.34, Mai, p.679-683. 2000.
- SENDACZ, S. e KUBO, E.. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. *B. Inst. Pesca*, v.9, p.51-89. 1982.
- SHAMSUDIN, L. The Blue Green Algal Bloom in the Nearshore Waters of Cukai Bay Facing the South China Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, Kluwer Academic Publishers, v.59, n.2, p.123-134. 1999.
- SHAO, Z.; XIE, P. e ZHUGE, Y. Long-term changes of planktonic rotifers in a subtropical Chinese lake dominated by filter-feeding fishes. *Freshwater Biology*, v.46, n.7, Jul, p.973-986, 2001.

- SHARMA, R.V.; EDWARDS, R.T. e BECKETT, R. Analysis of bacteria in aquatic environments using sedimentation field-flow fractionation: (I) Biomass Determination. *Wat. Res.*, v.32, n.5, p.1497-1507. 1998.
- SHEREMETIEVA, M.E.; TROSHINA, O.Y; SEREBRYAKOVA, L.T. e LINDBLAD, P. Identification of hox genes and analysis of their transcription in the unicellular cyanobacterium *Gloeocapsa alpicola* CALU 743 growing under nitrate-limiting conditions FEMS. *Microbiology Letters*, Elsevier Science, v.214, n.2, p.229-233. 2002.
- SHERIDAN, R.P. e SIMMS, M.A. Effects of the insecticide Zectran (Mexacarbate) on several algae. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, v.13, n.5, Mai, p.565-569. 1975.
- SHERWOOD, A.R.; RINTOUL, T.L.; MÜLLER, K.M. e SHEATH, R.G. Seasonality and distribution of epilithic diatoms, macroalgae and macrophytes in a spring-fed stream system in Ontario, Canada. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.435, n.1/3, Set, p.143-152. 2000.
- SHIMIZU, Y. Microalgal metabolites. *Current Opinion in Microbiology*, Elsevier Science, v.6, n.3, p.236-243. 2003.
- SHIN, H.J.; MATSUDA, H.; MURAKAMI, M. e YAMAGUCHI, K. Circinamide, a novel papain inhibitor from the cyanobacterium *Anabaena circinalis* (NIES-41). *Tetrahedron: The International Journal of Organic Chemistry*. Oxford, Inglaterra, GB: Pergamon Press, v.53, p.5747-5754. 1997.
- SHIN, W.; BROSNAN, S. e TRIEMER, R.E. Are cytoplasmic pockets (mtr/pocket) present in all photosynthetic *Euglenoid* genera? *Journal of Phycology*, v.38, n.4, Ago, p.790-799. 2002.
- SHULTZ, S. La valoración de recursos naturales y ambientales no basada en el mercado en centroamerica y el caribe. In: *Revista de la Cepal. Santiago de Chile*. n.63 (dic. 1997), p.65-76.
- SILFVERBERG, H. A provisional list of Finnish Crustacea. *Mem. Soc. Fauna Flora Fenn.*, Helsinki, FI: Societas Pro Flora Et Fauna Fennica. v.75, n.2, p.15-37. 1999.
- SILVA, E.A.S. e MUNTZ, R.R. *Métodos computacionais de solução de Cadeias de Markov: aplicações a sistemas de computação e comunicação*. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 195p.
- SILVA, P.A.L. *Fundamentos da teoria da decisão*. São Paulo: IME/USP, 1990. 81p.
- SILVA-BRIANO, M. Redescription of *Macrothrix laticornis* (Jurine, 1820), and description of two new species of the *M. laticornis*-group. *Hydrobiologia*, v.403, Mai, p.39-61. 1999.
- SILVERSTEIN, M. *A revolução ambiental : como a economia poderá florescer e a terra sobreviver no maior desafio da virada do século*. Rio de Janeiro: Nórdica, 1993. 199p.

- SINEV, A.Y. Redescription of *Alona iheringi* Sars, 1901 (Chydoridae, Anomopoda, Branchiopoda), a South American species related to *A. rustica* Scott, 1895. *Hydrobiologia*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, v.464, n.1-3, p.113-119. 2001.
- SINHA, R.P. e HAEDER, D.P. Photoprotective compounds in rice-field Cyanobacteria. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.38 (Suplemento 1), n.1, p.32-33. 2002.
- SLUIMAN, H.J. Molecular phylogeny of *Chaetosphaeridium* revisited. *Journal of Phycology*, v.36, n.2, Abr, p.443-444. 2000.
- SMIRNOV, N.N. e TIMMS, B.V. A revision of the Australia Cladocera (Crustacea). *Records of the Australian Museum*, v.1, p.1-132. 1983.
- SMITH, D.J. e UNDERWOOD, G.J.C. The production of extracellular carbohydrates by estuarine benthic diatoms: the effects of growth phase and light and dark treatment. *Journal of Phycology*, v.36, n.2, Abr, p.321-333. 2000.
- SNEDECOR, G.W. *Metodos Estadísticos*. 6.ed., México: Compañía Editorial Continental S.A.. 1966. 632p.
- SNELL, T.W. Chemical ecology of rotifers. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.387/388, n.1, p.267-276. 1998.
- SNELL, T.W. e SERRA, M. Dynamics of natural rotifer populations. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.368, n.1/3, p.29-35. 1998.
- SOBOL, I.M. *Método de Monte Carlo*. Moscow: MIR, 1976. 79p.
- SOININEN, J. Heterogeneity of benthic diatom communities in different spatial scales and current velocities in a turbid river. *Archiv für Hydrobiologie*, E. Schweizerbart Science Publishers, v.156, n.4, Abr, p.551-564. 2003.
- SOLOVIEVA, N. e JONES, V.J. A multiproxy record of Holocene environmental changes in the central Kola Peninsula, northwest Russia. *Journal of Quaternary Science*, v.17, n.4, Mai, p.303-318. 2002.
- SOMA, Y.; IMAIZUMI, T.; YAGI, K. e KASUGA, S. Estimation of algal succession in lake water using HPLC analysis of pigments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Ottawa, CA: National Research Council Of Canada, v.50, p.1142-1146. 1993.
- SOMMER, U. e STIBOR, H. Copepoda - Cladocera - Tunicata: The role of three major mesozooplankton groups in pelagic food webs. *Ecological Research*, v.17, n.2, Mar, p.161-174. 2002.
- SOMMER, U.; SOMMER, F.; SANTER, B.; JAMIESON, C.; BOERSMA, M.; BECKER, C. e HANSEN, T. Complementary impact of copepods and cladocerans on phytoplankton. *Ecology Letters*, v.4, n.6, Nov, p.545-550. 2001.

- SØRENSEN, M.V. On the evolution and morphology of the rotiferan trophi, with a cladistic analysis of Rotifera. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, v.40, n.3, Set, p.129-154. 2002.
- SOROKIN, Y.I e SOROKIN, P.Y. Plankton and primary production in the Lena River estuary and in the south-eastern Laptev. *Sea Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Academic Press, v.43, n.4, p.399-418. 1996.
- SOUTO, S. Contribucion Al conocimiento de los tintinnidos de agua dulce de la replubica argentina.I Rio de la Plata y Delta del Parana. *Physis Secction B*, v.32, n.85, p.249-254. 1973.
- SOUZA, N.J. Projeção e regionalização da matriz de insumo-produto: impacto do aumento da produção de grãos no RS e no Brasil no ano 2000. *Análise Econômica*. Porto Alegre. v.15, n.27, Mar., p.110-129. 1997.
- SOUZA, N.J. e FELDENS, A.M. *Introdução a economia*. São Paulo: Atlas, 1996. 509p.
- SOUZA, N.J.; SILVEIRA, C.P.; MASCARELLO, S. e SPARREMBERGER, F.R. *Metodologia de obtenção das matrizes de insumo-produto dos estados da região sul, 1985 e 1995*. Texto para Discussao: CPGE. Porto Alegre. n.14, Nov., p.1-15. 1997.
- SOUZA-SANTOS, L.P.; SANTOS, P.J.P. e CASTEL, J. Development and population dynamics of *Amonardia normani* Brady reared on axenic and non-axenic diatoms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Elsevier Science, v.235, n.2, Mar, p.167-182. 1999.
- SPALDING, H.L. The distribution and abundance of deepwater macroalgae in central california. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.36, n.s3, Dez, p.63-63. 2000.
- SPAULDING, S.A. Diatoms in sediments of perennially ice-covered Lake Hoare, and implications for interpreting lake history in the McMurdo Dry Valleys of Antarctica. *Journal of Paleolimnology*, v.17, n.4, Mai, p.403-420. 1997.
- SPAULDING, S.A.; McKNIGHT D.M.; STOERMER E.F.; DORAN P.T. Diatoms in sediments of perennially ice-covered Lake Hoare, and implications for interpreting lake history in the McMurdo Dry Valleys of Antarctica *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, v.17, n.4, May p.403-420(18)1996.
- SPORKA, F.; STEFKOVÁ, E.; BITUSÍK, P.; THOMPSON, A.R.; AGUSTÍ-PANAREDA, A.; APPLEBY, P.G.; GRYTNES, J.A.; KAMENIK, C.; KRNO, I.; LAMI, A.; ROSE, N. e SHILLAND, N.E. The paleolimnological analysis of sediments from high mountain lake Nižné Terianske pleso in the High Tatras (Slovakia). *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.28, n.1, Jun, p.95-109. 2002.
- STAAL, M.; STAL, L.J.; HEKKERT, S.L. e HARREN, F.J.M Light action spectra of n_2 fixation by heterocystous cyanobacteria from the baltic sea. *Journal of Phycology*, v.39, n.4, Ago, p.668-677. 2003.

- STABENAU, H.; SÄFTEL, W. e WINKLER, U. Microbodies of the alga. *Chara Physiologia Plantarum*, v.118, n.1, Mai, p.16-20. 2003.
- STAGER, J.C. e JOHNSON, T.C. A 12,400 14c yr Offshore Diatom Record From East Central Lake Victoria, East Africa. *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers, v.23 n.4, p.373-383. 2000.
- STELZER, C.P. Population growth in planktonic rotifers. Does temperature shift the competitive advantage for different species? *Hydrobiologia*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, v.387/388, n.1, p.349-353. 1998.
- STERNER, R.W. Modelling interactions of food quality and quantity in homeostatic consumers. *Freshwater Biology*, v.38, p.473-481. 1997.
- STEVENS, A.E., McCARTHY, B.C., VIS, M.L. Metal content of *Klebsormidium*-dominated (Chlorophyta) algal mats from acid mine drainage waters in southeastern Ohio. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, v.128, n.3, p. 226–233. 2001.
- STEVENSON, W.J. *Estatística aplicada a administração*. São Paulo: Harbra, 1981. 495p.
- STIRK, W.A.; ÖRDÖG V.; VAN STADEN J.; JÄGER K. Cytokinin- and auxin-like activity in *Cyanophyta* and microalgae. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.14, n.3, Jun, p.215-221. 2002.
- STODDART, M. *The ecology of vertebrate olfaction*. London: Chapman Hall, 1980. 234p.
- STOERMER, E. F., KREIS Jr., R.G. e ANDRESEN, N.A. Checklist of *Diatoms* from the Laurentian Great Lakes, II. *Journal of Great Lakes Research*, v.25, n.3, p.515-566. 1999.
- STOLZ, J.F. Distribution of phototrophic microbes in the flat laminated microbial mat at Laguna Figueroa, Baja California, Mexico. *Biosystems*, v.23, n.4, p.345-57. 1990.
- STOTT, A.; TAKEUCHI, T.; KOIKE, Y.; YAMAKAWA, H. e IMADA, O. Using micro particle diets to replace diatoms for feeding postlarval abalone *Haliotis discus discus* (Reeve.). *Fisheries Science*, v.68, n.5, Out, p.1088-1093. 2002.
- STUMM, W. e MORGAN, J.J. *Aquatic chemistry : chemical equilibria and rates in natural waters*. 3. ed. New York, NY: J. Wiley, 1996. 1022 p. (Environmental Science and Technology).
- SUDA, S.; LIU, Y.; HE, J.; HU, Z.; HIROKI, M. e WATANABE, M.M. Morphological, biochemical and physiological characteristics of *Lyngbya hieronymusii* var. *hieronymusii* (Oscillatoriales, Cyanobacteria). *Phycological Research*, v.42, n.4, Dez, p.51-55. 1998.
- SUGIURA, K. The use of an aquatic microcosm for pollution effects assessment. *Water Research*, Elsevier Science, v.30, n.8, Ago, p.1801-1812. 1996.
- SUNKEL, O. *La dimension ambiental en los estilos de desarrollo de america latina*. Santiago de Chile: Cepal, 1981. 136p.

- SWADLING, K.M.; PIENITZ, R. e NOGRADY, T. Zooplankton community composition of lakes in the Yukon and Northwest Territories (Canada): relationship to physical and chemical limnology. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.431, n.2/3, p.211-224. 2000.
- SYLVESTRE, F.; BECK-EICHLER, B.; DULEBA, W. e DEBENA, Y.J.P. Modern benthic diatom distribution in a hypersaline coastal lagoon: the Lagoa de Araruama (R.J.), Brazil. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.443, n.1/3, Jan, p.213-231. 2001.
- SZABO, S.; BRAUN, M.; BALAZSY, S.; REISINGER, O. Influences of nine algal species isolated from duckweed-covered sewage miniponds on *Lemna gibba* L. *Aquatic Botany*, Elsevier Science, v.60, n.2, Fev, p.189-195. 1998.
- TABITA, F.R. e COLLETTI, C. Carbon dioxide assimilation in cyanobacteria: regulation of ribulose, 1,5-bisphosphate carboxylase. *J. Bacteriol.*, v.140, n.2, Nov, p.452-458. 1979.
- TADESSE, Z.; BOBERG, M.; SONESTEN, L. e AHLGREN, G. Effects of algal diets and temperature on the growth and fatty acid content of the cichlid fish *Oreochromis niloticus* L. – A laboratory study. *Aquatic Ecology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.37, n.2, Abr, p.169-182. 2003.
- TAKAMURA, N.; KADONO, Y.; FUKUSHIMA, M.; NAKAGAWA, M.; BAIK, H. e KIM, O. Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. *Ecological Research*. v.18, n.4, Jul, p.381-395. 2003.
- TAKEDA, H. Cell wall sugars of some scenedesmus species. *Phytochemistry*, Elsevier Science, v.42, n.3, Jun, p.673-675. 1996.
- TAKISHITA, K.; NAKANO, K. e UCHIDA, A. Preliminary phylogenetic analysis of plastid-encoded genes from an anomalously pigmented dinoflagellate *Gymnodinium mikimotoi* (Gymnodiniales, Dinophyta). *Phycological Research*, v.47, n.4, Dez, p.257-262. 1999.
- TAKISHITA, K.; NAKANO, K. e UCHIDA, A. Origin of the plastid in the anomalously pigmented dinoflagellate *Gymnodinium mikimotoi* (Gymnodiniales, Dinophyta) as inferred from phylogenetic analysis based on the gene encoding the large subunit of form I-type RuBisCO. *Phycological Research*, Blackwell Science Ltd: Oxford/UK, v.48, n.2, p.85-89. 2000.
- TANG, H.; XIE, P.; LU, M.; XIE, L. e WANG, J. Studies on the Effects of Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) on the Phytoplankton in a Shallow Hypereutrophic Lake through an Enclosure Experiment. *International Review of Hydrobiology*. v.87, n.1, Jan, p.107-119. 2002.
- TARDIO, M.; TOLOTTI, M.; NOVARINO, G. e CANTONATI, M. Ecological and taxonomic observations on the flagellate algae characterising four years of enclosure experiments in Lake Tovel (Southern Alps). *Hydrobiologia*, v.502, n.1, Jul, p.285-296. 2003.

- TCHOBANOGLIOUS, G. e SCHROEDER, E.D. *Water quality*. California, Addison-Wesley Publising Company. 1987. 768p.
- TELESH, I.V.; RAHKOLA, M. e VILJANEN, M. Carbon content of some freshwater rotifers. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.387/388, n.1, p.355-360. 1998.
- TELFORD, R.J. e LAMB, H.F. Groundwater-mediated response to holocene climatic change recorded by the Diatom stratigraphy of an Ethiopian Crater. *Lake Quaternary Research*, Academic Press, v.52, n.1, p.63-75. 1999.
- TERAMOTO, E.. Dynamical structure of energy trophic levels. *Ecol. Modelling*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. v.69, p.135-147. 1993.
- THÉBAULT, J.M. e SALENÇON, M.J. Simulation model of a mesotrophic reservoir (Lac de Pareloup, France): biological model. *Ecological Modelling*, v.65, n.1-2, p.1-30. 1993.
- THOMPSON, F.L.; ABREU, P.C. e WASIELESKY, W. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture*, Elsevier Science, v.203, n.3, p.263-278. 2002.
- THORP, J.H. e CASPER, A.F. Importance of biotic interactions in large rivers: an experiment with planktivorous fish, dreissenid mussels and zooplankton in the St. Lawrence River. *River Research and Applications*, v.19, n.3, Mai/Jun, p.265-279. 2003.
- THORP, J.H. e CASPER, A.F. Potential effects on zooplankton from species shifts in planktivorous mussels: a field experiment in the St Lawrence River. *Freshwater Biology*, v.47, n.1, Jan, p.107-119. 2002.
- TODD, S.J.; CAIN, R.B.; e SCHMIDT, S. Biotransformation of naphthalene and diaryl ethers by green microalgae. *Biodegradation*, v.13, n.4, p.229-238. 2002.
- TOLOMEYEV, A.P. Phytoplankton diet of *Arctodiaptomus salinus* (Copepoda, Calanoida) in Lake Shira (Khakasia). *Aquatic Ecology*, Kluwer Academic Publishers, v.36, n.2, p.229-234. 2002.
- TOMARU, Y.; UDAKA, N.; KAWABATA, Z. e NAKANO, S.I. Seasonal change of seston size distribution and phytoplankton composition in bivalve pearl oyster *Pinctada fucata martensii* culture farm. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.481, n.1-3, Ago, p.181-185. 2002.
- TORGAN, L.C. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências*, v.6, n.1, p.183-186. 1997b.
- TORGAN, L.C. e AGUIAR, L.W. Diatomáceas do “rio” guaíba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia: Sér. Botânica*, v.23, p.19-63. 1978.
- TORGAN, L.C. Estudo taxonômico de diatomáceas (Bacilliarophyceae) da represa de Águas Belas, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia: Sér. Botânica*, v.33, p.17-104. 1985.

- TORGAN, L.C.. *Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, em um ciclo anual*. 1997. Doutorado (Tese) - São Carlos, PPG Ecologia e Recursos Naturais/UFScar. 1997a. 284p.
- TORGAN, L.C.; BECKER, V. e RODRIGUES, S.C. Volume celular de espécies fitoplanctônicas da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil.. *Biociências*, v.6, n.1, p.183-186. 1998.
- TORIGAI, K.; SCHRÖDER-ADAMS, C.J.; BURBIDGE, S.M. A variable lacustrine environment in Lake Winnipeg, Manitoba: Evidence from modern thecamoebian distribution. *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.23, n.3, Mar, p.305-318. 2000.
- TORRES, A.M. A three-dimensional ct (cat) scan through a rock with permian alga ivanovia tebagaensis. *Journal of Paleontology*, v. 73, n.1, p.154–158. 1999:
- TOSCANI, L.V. e VELOSO, P.A.S. A programação dinâmica: um caso particular da divisão e conquista. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*. Porto Alegre. v.1, n.2, Mai., p.53-67. 1990.
- TOWNSEND, C.R. Individual, population, community, and ecosystem consequences of a fish invader in New Zealand. *Streams Conservation Biology*, v.17, n.1, Fev, p.38-47. 2003.
- TRAIN, S. e RODRIGUES, L.C. Temporal fluctuations of the phytoplankton community of the Baía River, in the upper Paraná River floodplain, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.361, n.1/3, p.125-134. 1997.
- TRAPPENIERS, K.; VAN KERCKVOORDE, A. e CHARDEZ, D. Ecology of testate amoebae communities from aquatic habitats in the Zackenberg area (Northeast Greenland). *Polar Biology*, Springer-Verlag Heidelberg Recency, v.22, n.4, p.271-278. 1999.
- TRICK, C.G.; CREED, I.F.; HENRY, M.F. e JEFFRIES, D.S. Distribution of Diatoms in a forested stream containing a series of interconnected lakes. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.2, n.1, p.103-128. 2002.
- TRIOLA, M.F. *Introdução à Estatística*. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999. 410p.
- TRIPATHI, U.; SARADA, R. e RAVISHANKAR, G.A. A culture method for microalgal forms using two-tier vessel providing carbon-dioxide environment: studies on growth and carotenoid production. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.17, n.4, Jun, p.325-329. 2001.
- TROFINO, A. “Transformada Z”. *Sistemas Lineares*. 2000, <[http:// www.das.ufsc.br/~trofino/ap_sl_cap6/node8.html](http://www.das.ufsc.br/~trofino/ap_sl_cap6/node8.html)>

- TROSHINA, O.; SEREBRYAKOVA, L.; SHEREMETIEVA, M. e LINDBLAD, P. Production of H₂ by the unicellular cyanobacterium *Gloeocapsa alpicola* CALU 743 during fermentation International. *Journal of Hydrogen Energy*, Elsevier Science, v.27, n.11, p.1283-1289. 2002.
- TRYFON, E. e MOUSTAKA-GOUNI, M. Species composition and seasonal cycles of phytoplankton with special reference to the nanoplankton of Lake Mikri Prespa. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.351, n.1/3, Ago, p.61-75. 1997.
- TSUGEKI, N.; ODA, H. e URABE, J. Fluctuation of the zooplankton community in Lake Biwa during the 20th century: a paleolimnological analysis. *Limnology*, Springer-Verlag Tokyo, v.4, n.2, p.101-107. 2003.
- TSUJIMURA, S. Application of the frequency of dividing cells technique to estimate the in situ growth rate of *Microcystis* (Cyanobacteria). *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing, v.48, n.11, p.2009-2024. 2003.
- TSUJIMURA, S.; TSUKADA, H.; NAKAHARA, H.; NAKAJIMA, T. e NISHINO, M. Seasonal variations of *Microcystis* populations in sediments of Lake Biwa, Japan. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.434, n.1, p.183-192. 2000.
- TSUKIHARA, T.; FUKUYAMA, K.; MIZUSHIMA, M.; HARIOKA, T.; KUSUNOKI, M.; KATSUBE, Y.; HASE, T. e MATSUBARA, H. Structure of the [2Fe-2S] ferredoxin I from the blue-green alga *Aphanothece sacrum* at 2.2 Å resolution. *J. Mol. Biol.*, v.;216, n.2, Nov, p.399-410. 1990.
- TSVETNENKO, Y. Derivation of Australian tropical marine water quality criteria for the protection of aquatic life from adverse effects of petroleum hydrocarbons. *Environmental Toxicology and Water Quality*, v.13, n.4, p.273-284. 1998.
- TUJI, A. Observation of developmental processes in loosely attached diatom (Bacillariophyceae) communities. *Phycological Research*, v.48, n.2, Jun, p.75-84. 2000.
- TURKER, H.; EVERSOLE, A.G. e BRUNE, D.E. Comparative Nile tilapia and silver carp filtration rates of Partitioned Aquaculture System phytoplankton. *Aquaculture*, Elsevier Science, v.220, n.1, Abr, p.449-457. 2003.
- TURKER, H.; EVERSOLE, A.G. e BRUNE, D.E. Filtration of green algae and cyanobacteria by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the Partitioned Aquaculture System. *Aquaculture*, Elsevier Science, v.215, n.1, p.93-101. 2003.
- TURKI, S. e ABED, A.E. Nouvelles informations sur les copepodes calanoides et cyclopoides des eaux continentales tunisiennes *Crustaceana*, Brill. *Academic Publishers*, v.72, n.2, Mar, p.157-169. 1999.
- TURMEL, M.; OTIS, C. e LEMIEUX, C. The complete mitochondrial dna sequence of *mesostigma viride* identifies this green alga as the earliest green plant divergence and predicts a highly compact mitochondrial genome in the ancestor of all green plants. *Molecular Biology and Evolution*, v.19, n.1, p.24-38. 2002.

- TURNER, P.N. e TAYLOR, H.L. Rotifers new to Florida, U.S.A. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.387/388, n.1, p.55-62. 1998.
- TURNER, R.K. e Pearce, D.W. *Bateman, Ian. Environmental Economics: an Elementary Introduction*. New York : Harvester Wheatsheaf, 1994. 327 p.
- TURNER, R.K.. *Sustainable environmental economics and management: principles and practice*. London: Belhaven, 1993. 389p.
- TYLER, T.; LISS, W.J.; GANIO, L.M.; LARSON, G.L.; HOFFMAN, R.; DEIMLING, E. e LOMNICKY, G. Interaction between Introduced Trout and Larval Salamanders (*Ambystoma macrodactylum*) in High-Elevation. *Lakes Conservation Biology*, v.12, n.1, Fev, p.94-105. 1998.
- UBOM, RM. e ESSIEN, J.P. Distribution and significance of epipsammic algae in the Coastal Shore (Ibeno Beach) of Qua Iboe River Estuary, Nigeria. *The Environmentalist*, Kluwer Academic Publishers, v.23, n.2, p.109-115. 2003.
- ULANOWICZ, R.E. Identifying the structure of cycling in ecosystems. *Mathematical Biosciences*, New York: Elsevier Science Publishing Co. v.65, p.219-237. 1983.
- UNNI, K.S. e PAWAR, S. The phytoplankton along a pollution gradient in the river Mahanadi (M.P. state) India - a multivariate approach. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.430, n.1, p.87-96. 2000.
- UNREIN, F. Changes in phytoplankton community along a transversal section of the Lower Parana floodplain, Argentina. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.468, n.1, p.123-134. 2002.
- USDT. UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. *Highway and wetlands*. Washington D.C.: USDT. 1980. n.p.
- UYSAL, Z. On the formation of net phytoplankton patches in the southern Black Sea during the spring. *Hydrobiologia*, v.485, n.1, Out, p.173-182. 2002.
- UZWIAK, D.J. e TRIEMER, R.E. Association of a free-living Euglena with a colonial rotifer. *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.36, n. s3, p.67-67. 2000.
- VAGGI, G. A Physiocratic model of relative prices and income distribution. *The Economic Journal*, Cambridge: Inglaterra Cambridge University Press, v.95, p. 928-947. 1985.
- VALENTIN, J. L. Ecologia numérica. Rio de Janeiro: Editora Interciência. 2000. 117p.
- VALER, R.M. Ocorrência de ciliphora (Protista) em solos do Rio Grande do Sul: aspectos morfológicos, taxonômicos e ecológicos das classes kinetofragminophora. *Biociências*, v.5, n.2, p.71-107. 1997.
- VALVERDE, O. *Recursos naturais e o equilíbrio das estruturas regionais*. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977. 38p. (Série Paulo de Assis Ribeiro; 7)

- VAN DE VIJVER, B. e BEYENS, L. Biogeography and ecology of freshwater diatoms in Subantarctica: a review. *Journal of Biogeography*, v.26, n.5, Set, p.993-1000. 1999.
- VAN DE VIJVER, B.; VAN KERCKVOORDE, A. e BEYENS, L. Freshwater and terrestrial moss diatom assemblages of the Cambridge Bay area, Victoria Island (Nunavut, Canada). *Nova Hedwigia*, E. Schweizerbart Science Publishers, v.76, n.1, p.225-243. 2003.
- VAN DEN BRINK, P.J.; HATTINK, J.; BRANSEN, F.; VAN DONK, E. e BROCK, T.C.M. Impact of the fungicide carbendazim in freshwater microcosms. II. Zooplankton, primary producers and final conclusions. *Aquatic Toxicology*, Elsevier Science, v.48, n.2, Mar, p.251-264. 2000.
- VAN DER GUCHT, K.; SABBE, K.; DE MEESTER, L.; VLOEMANS, N.; ZWART, G.; GILLIS, M. e VYVERMAN, W. Contrasting bacterioplankton community composition and seasonal dynamics in two neighbouring hypertrophic freshwater lakes. *Environmental Microbiology*, v.3, n.11, Nov, p.680-690. 2001.
- VAN DYNE, G.M. *Ecosystems, systems ecology, and systems ecologists*. ORNL-3957, Tenn.: Oak Ridge Natl. Lab., 1966. 40p.
- VAN DYNE, G.M. *The ecosystem concept in natural resource management*. New York: Academic Press. 1969. 383p.
- VAN HANNEN, E.J.; LÜRLING, M. e VAN DONK, E. Sequence analysis of the its-2 region: a tool to identify strains of *Scenedesmus* (Chlorophyceae). *Journal of Phycology*, Blackwell Science Inc., v.36, n.3, Jun, p.605-607. 2000.
- VAN HANNEN, E.J.; MOOIJ, W.; VAN AGTERVELD, M.P.; GONS, H.J. e LAANBROEK, H.J. Detritus-dependent development of the microbial community in an experimental system: qualitative analysis by denaturing gradient gel electrophoresis. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.65, n.6, Jun, p.2478-2484. 1999.
- VAN HOMBEECK Jr., C. *Preservação e uso dos recursos de água e solo : aspectos legais que regem a política brasileira para o setor*. Brasília, 1977. 48p.
- VAN HUNNIK, E. e SÜLTEMEYER, D. A possible role for carbonic anhydrase in the lumen of chloroplast thylakoids in green algae Functional Plant Biology, *CSIRO Publishing*, v.29, n.2-3, Mar, p.243-249. 2002.
- VAN OYE, P. Etude sur les Rhizopodes des marais du Sud-ouest d'Uvira (Congo-belge). *Hydrobiologia*, v.10, p.85-137. 1958.
- VAN OYE, P. Faune rhizopodique du plateau de Kundulungu (Congo Belge) avec considerations concernant la repartition geographique des Rhizopodes. *Hydrobiologia*, v.13, n.3, p.239-286, 1959.
- VAN OYE; P. Au sujet des Rhizopodes du Grand Duché de Luxembourg *Biol. Jaarb.*, p.82-121, 1951.

- VANDYSH, O.I. Effect of acidification on zooplankton communities of small lakes in mountain tundra. *Water Resources*, Kluwer Academic: Plenum Publishers, New York/U.S.A., v.29, n.5, Set, p.554-560. 2002.
- VARDI, A.; SCHATZ, D.; BEERI, K.; MOTRO, U.; SUKENIK, A.; LEVINE, A. e KAPLAN, A. Dinoflagellate-Cyanobacterium communication may determine the composition of phytoplankton assemblage in a mesotrophic lake. *Current Biology*, Elsevier Science, v.12, n.20, p.1767-1772. 2002.
- VAZQUEZ-MARTINEZ, M.G.; RODRIGUEZ, M.H.; ARREDONDO-JIMENEZ, J.I.; MENDEZ-SANCHEZ, J.D.; BOND-COMPEAN, J.G.; COLD-MORGAN, M. Cyanobacteria associated with *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) larval habitats in southern Mexico. *J. Med. Entomol.*, v.39, n.6, Nov, p.825-832. 2002.
- VEDRASCO, A.; LOBCHENKO, V.; PIRTU, I. e BILLARD, R. II. Rearing techniques of sturgeons the culture of live food for *Sturgeon juveniles*, a mini review of the russian literature. *International Review of Hydrobiology*, v.87, n.5-6, Nov, p.569-575. 2002.
- VELÁZQUEZ-ROJAS, C.A.; SANTOS-MEDRANO, G.E. e RICO-MARTÍNEZ, R. Sexual reproductive biology of *Platytias quadricornis* (Rotifera: Monogononta). *International Review of Hydrobiology*, v.87, n.1, Jan, p.97-105. 2002.
- VELHO, L.F.M.; LANSAC-TÔHA, F.A.; BONECKER, C.C.; BINI, L.M.; ROSSA, D.C. The longitudinal distribution of copepods in Corumbá Reservoir, State of Goiás, Brazil. *Hydrobiologia*, v.453, Jun, p.385-391. 2001.
- VERB, R.G. e VIS, M.L. Survey of benthic diatom communities from lotic systems within the western *Allegheny plateau*. *Journal of Phycology*, Blackwell Publishing, v.36 (Suplemento 3), n.1, p.68-68. 2000.
- VERB, R.G.; CASAMATTA, D.A. e VIS, M.L. Effects of different vegetative substrates on algal composition in vernal mesocosms. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.455, n.1/3, Jul, p.111-120. 2001.
- VERGEINER, J.; LAMINGER, H.; JAITNER-KNADEN, C. e BAYER, H. Population dynamics of terrestrial protozoans (Testaceae, Rhizopoda) in the tyrolian centralalps II. Investigations of disturbed and relatively undisturbed soils in the surrounding of patsch (Tyrol, Austria). *Arch. Protistenk.*, v.126, p.173-201. 1982.
- VIAL, J. e DASGUPTA, P. *Desarrollo y medio ambiente: hacia um enfoque integrador. Santiago: Corporacion de Investigaciones Economicas para Latinoamerica*, 1991. 228p.
- VIALI, L. *Probabilidade*. Porto Alegre: PUCRS. (Apostila). 1999. 52p.
- VIEIRA, P.F. e MAIMON, D. As ciencias sociais e a questão ambiental: rumo a interdisciplinaridade. Belém do Para: Supercores, 1993. 298p.
- VIGNAIS, P.M.; COURNAC, L.; HATCHIKIAN, E.C.; ELSEN, S.; SEREBRYAKOVA, L.; ZORIN, N. e DIMON, B. Continuous monitoring of the activation and activity of

- [NiFe]-hydrogenases by membrane-inlet mass spectrometry. *International Journal of Hydrogen Energy*, Elsevier Science, v.27, n.11, p.1441-1448. 2002.
- VIRRO, T. Life cycle patterns of rotifers in Lake Peipsi. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.446/447, n.1, p.85-93. 2001.
- VISSER, P.M.; PASSARGE, J. e MUR, L.R. Modelling vertical migration of the cyanobacterium *Microcystis*. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.349, n.1, p.99-109. 1997.
- VOISIN, A. *Dinâmica de pastagens*. 2.ed. São Paulo: Mestre Jou. 1980. 407p.
- VOLLENWEIDER, R.A. *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*. Well Scientific Publications: Oxford. 1974.
- VOLLENWEIDER, R.A. Möglichkeiten und grenzen elementarer modelle der stoffbilanz von seen. *Arch. Hydrobiol.*, v.66, p.1-36. 1969.
- VON ELERT, E. e STAMPFL, P. Food quality for Eudiaptomus gracilis: the importance of particular highly unsaturated fatty acids. *Freshwater Biology*, Oxford, Inglaterra, GB: Blackwell Scientific Publications, v.45, n.2, p.189-200. 2000.
- VONCKEN, F.; BOXMA, B.; TJADEN, J.; AKHMANOVA, A.; HUYNEN, M.; VERBEEK, F.; TIELENS, A.G.M.; HAFERKAMP, I.; NEUHAUS, H.E.; VOGELS, G.; VEENHUIS, M. e HACKSTEIN, J.H.P. Multiple origins of hydrogenosomes: functional and phylogenetic evidence from the ADP/ATP carrier of the anaerobic chytrid *Neocallimastix* sp. *Molecular Microbiology*, v.44, n.6, Jun, p.1441-1454. 2002.
- VOTTA, J.J.; JAHN, T.L.; GRIFFITH, D.L. e FONSECA, J.R. Nature of the flagellar beat in *Trachelomonas volvocina*, *Rhabdomonas spiralis*, *Menoidium cultellus* and *Chilomonas paramecium*. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, v.90, n.4, Out, p.404-412. 1971.
- VRIELING, E.G.; BEELEN, T.P.M.; VAN SANTEN, R.A.; GIESKES, W.W.C. Nanoscale uniformity of pore architecture in diatomaceous silica: a combined small and wide angle x-ray scattering study. *Journal of Phycology*, v.36, n.1, Fev, p.146-159. 2000.
- VUCETICH, M.C. Tecamobas muscicolas de la selva marginal de punta lara (Provincia de Buenos aires, Argentina). *Physis.: Sección B*, v.32, n.84, p.61-66. 1973.
- WACKER, A. e VON ELERT, E. Food quality controls reproduction of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Oecologia*, v.135, n.3, Mai, p.332-338. 2003. WADA, K. *Modelagem e simulação de separação da mistura etanol-água por pervaporação*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1995. 143p. (Tese (Doutorado) - COPPE/UFRJ, Program de Engenharia Química, 1995)
- WADITEE, R. e INCHAROENSAKDI, A. Purification and kinetic properties of betaine-homocysteine methyltransferase from *Aphanothece halophytica*. *Curr. Microbiol.*, v.43, n.2, Ago, p.107-111. 2001.

- WADITEE, R.; HIBINO, T.; TANAKA, Y.; NAKAMURA, T.; INCHAROENSAKDI, A. e TAKABE, T. Halotolerant cyanobacterium *Aphanothece halophytica* contains an Na(+)/H(+) antiporter, homologous to eukaryotic ones, with novel ion specificity affected by C-terminal tail. *J. Biol. Chem.*, v.276, n.40, Out, p.36931-36938. 2001.
- WADITEE, R.; TANAKA, Y.; AOKI, K.; HIBINO, T.; JIKUYA, H.; TAKANO, J.; TAKABE, T. e TAKABE, T. Isolation and functional characterization of N-methyltransferases that catalyze betaine synthesis from glycine in a halotolerant photosynthetic organism *Aphanothece halophytica*. *J. Biol. Chem.*, v.278, n.7, Fev, p.4932-4942. 2003.
- WAHAB, M.A.; AZIM, M.E.; ALI, M.H.; BEVERIDGE, M.C.M. e KHAN, S. The potential of periphyton-based culture of the native major carp calbaush, *Labeo calbasu* (Hamilton). *Aquaculture Research*, v.30, n.6, Jun, p.409-419. 1999.
- WAKSENG, B. e SCHARTAU, A.K.L. Crustacean communities in Canada and Norway: comparison of species along a pH gradient. *Water, Air, and Soil Pollution*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. v.130, n.1-4, p.1319-1324. 2001.
- WALKER, H.L. e HIGGINBOTHAM, L.R. An aquatic bacterium that lyses Cyanobacteria associated with off-flavor of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Biological Control*, Academic Press, v.18, n.1, p.71-78. 2000.
- WALLACE, R.L. e Snell, T.W. *Rotifera*. In: Ecology and Classification of North American freshwater invertebrates. J. H. Thorp e A.P. Covich (eds.). San Diego: Academic Press. C.8, 1991. p.187-248.
- WANNER, M. Biometrical and scanning electronmicroscopical investigations on *Testacean* shells (Protozoa: Rhizopoda). *Arch. Protistenkd.*, v.136, p.97-106. 1988.
- WARINGER-LÖSCHENKOHL, A. e SCHAGERL, M. Algal exploitation by tadpoles - an experimental approach. *International Review of Hydrobiology*, v.86, n.1, Jan, p.105-125. 2001.
- WARSHAWSKY, D.; CODY, T.; RADIKE, M.; REILMAN, R.; SCHUMANN, B.; LADOW, K. e SCHNEIDER, J. Biotransformation of benzo[a]pyrene and other polycyclic aromatic hydrocarbons and heterocyclic analogs by several green algae and other algal species under gold and white light. *Chem. Biol. Interact.*, v.97, n.2, Jul, p.131-148. 1995.
- WATT, D.A. Estuaries of contrasting trophic status in KwaZulu-Natal, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Academic Press: Harcourt Place/London, v.47, n.2, Ago, p.209-216. 1998.
- WEATHERS, P.J. e ALLEN, M.M. Variations in short term products of inorganic carbon fixation in exponential and stationary phase cultures of *Aphanocapsa* 6308. *Arch. Microbiol.*, v.116, n.3, Mar, p.231-4. 1978.
- WEATHERS, P.J.; CHEE, H.L. e ALLEN, M.M. Arginine catabolism in *Aphanocapsa* 6308. *Arch. Microbiol.*, v.118, n.1, Jul, p.1-6. 1978. WEBSTER'S NINTH NEW COLLEGIATE DICTIONARY. Springfield: Merriam-Webster, 1987. 1563p.

- WEERS, P.M.M. e GULATI, R.D. Effect of the addition of polyunsaturated fatty acids to the diet on the growth and fecundity of *Daphnia galeata*. *Freshwater Biology*, Blackwell Science Ltd: Oxford, UK, v.38, n.3, p.721-729. 1997.
- WELKER, M.; VON DOHREN, H.; TAUSCHER, H.; STEINBERG, C.E.W. e ERHARD, M. Toxic *Microcystis* in shallow lake Muggelsee (Germany) - dynamics, distribution, diversity. *Archiv für Hydrobiologie*, E. Schweizerbart Science Publishers, v.157, n.2, p.227-248. 2003.
- WELLMANN, P.; RATTE, H.T. e HEIMBACH, F. Primary and secondary effects of methabenzthiazuron on plankton communities in aquatic outdoor microcosms. *Aquatic Ecology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.32, n.2, p.125-134. 1998.
- WEN, Z. e ZHI-HUI, H. Biological and ecological features of inland saline waters in North Hebei, China. *International Journal of Salt Lake Research*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, v.8, n.3, p.267-285. 1999.
- WEN, Z.H. e CHEN, F. Application of statistically-based experimental designs for the optimization of eicosapentaenoic acid production by the diatom *Nitzschia laevis*. *Biotechnology and Bioengineering*, v.75, n.2, Out, p.159-169. 2001.
- WESSELS, M.; MOHAUPT, K.; KUMMERLIN, R. e LENHARD, A. Reconstructing past eutrophication trends from diatoms and biogenic silica in the sediment and the pelagic zone of Lake Constance, Germany. *Journal of Paleolimnology*, Kluwer Academic Publishers, v.21, n.2, p.171-192. 1999.
- WETZEL, R.G. *Limnology*. 2ed., Saunders College Publishing: Harcourt Brace College Publishers, New York. 1983. 900p.
- WETZEL, R.G. e LIKENS, G.E. *Limnological Analyses*. 3ed., Springer-Verlag: New York Inc., 2000. 429p.
- WIACKOWSKI, K. e STARONSKA, A. The effect of predator and prey density on the induced defence of a ciliate. *Functional Ecology*, v.13, n.1, Fev, p.59-65. 1999.
- WIDDICOMBE, C.E.; ARCHER, S.D.; BURKILL, P.H. e WIDDICOMBE, S. Diversity and structure of the microplankton community during a coccolithophore bloom in the stratified northern. *North Sea Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, Elsevier Science, v.49, n.15, p.2887-2903. 2002.
- WILKINSON, D.M. What is the upper size limit for cosmopolitan distribution in free-living microorganisms? *Journal of Biogeography*, v.28, n.3, Mar, p.285-291. 2001.
- WILLIAMS, A.E. e MOSS, B. Effects of different fish species and biomass on plankton interactions in a shallow lake. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, v.491, n.1-3, Jan, p.331-346. 2003.
- WILTSHIRE, K.H.; BOERSMA, M.; MÖLLER, A. e BUHTZ, H. Extraction of pigments and fatty acids from the green alga *Scenedesmus obliquus* (Chlorophyceae). *Aquatic*

- Ecology**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, v.34, n.2, p.119-126. 2000.
- WINANDS, A. e WAGNER, G. Phytochrome of the green alga *Mougeotia*: cDNA sequence, autoregulation and phylogenetic position. **Plant Molecular Biology**, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.32, n.4, Out, p.589-597. 1996.
- WOELFL, S. e GELLER, W. Chlorella-bearing ciliates dominate in an oligotrophic North Patagonian lake (Lake Pirehueico, Chile): abundance, biomass and symbiotic photosynthesis. **Freshwater Biology**, v.47, n.2, p.231-242. 2002.
- WOLFE, A.P. Diatom community responses to late-Holocene climatic variability, Baffin Island, Canada: a comparison of numerical approaches: **The Holocene**, Arnold, v.13, n.1, p.29-37. 2003.
- WOLFE, A.P.; VAN GORP, A.C. e BARON, J.S. Recent ecological and biogeochemical changes in alpine lakes of Rocky Mountain National Park (Colorado, USA): a response to anthropogenic nitrogen deposition. **Geobiology**. v.1, n.2, p.153-168. 2003.
- WONG, P.K. Effects of 2,4-D, glyphosate and paraquat on growth, photosynthesis and chlorophyll-a synthesis of *Scenedesmus quadricauda* Berb 614. **Chemosphere**, Elsevier Science, v.41, n.1, Jul, p.177-182. 2000.
- WYNGAARD, G.A. e RASCH, E.M. Patterns of genome size in the copepoda. **Hydrobiologia**, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht/The Netherlands, v.417, n.1, Jan, p.43-56. 2000.
- XENOPOULOS, M.A. e FROST, P.C. UV radiation, phosphorus, and their combined effects on the taxonomic composition of phytoplankton in a Boreal Lake. **Journal of Phycology**, v.39, n.2, Abr, p.291-302. 2003.
- XI, Y.L.; HUANG, X.F.; JIN, H.J. e LIU, J.K. The effect of food concentration on the life history of three types of *Brachionus calyciflorus* females. **International Review of Hydrobiology**, v.86, n.2, Abr, p.211-217. 2001.
- XIE, L.Q.; XIE, P. e TANG, H.J. Enhancement of dissolved phosphorus release from sediment to lake water by *Microcystis* blooms-an enclosure experiment in a hyper-eutrophic, subtropical Chinese lake. **Environmental Pollution**, Elsevier Science, v.122, n.3, p.391-399. 2003.
- XIE, L.Q.; XIE, P.; LI, S.; TANG, H.J. e LIU, H. The low TN:TP ratio, a cause or a result of *Microcystis* blooms? **Water Research**, Elsevier Science, v.37, n.9, p.2073-2080. 2003.
- YAMAMOTO, T.; OH, S.J. e KATAOKA, Y. Effects of temperature, salinity and irradiance on the growth of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* (Dinophyceae) isolated from Hiroshima Bay. **Japan Fisheries Science**, v.68, n.2, Abr, p.356-363. 2002.

- YARNALL, H.A.; REECE, K.S.; STOKES, N.A.; BURRESON, E.M. A quantitative competitive polymerase chain reaction assay for the oyster pathogen *Perkinsus marinus*. *Journal of Parasitology*, v.86, n.4, p.827–837. 2000.
- YIH, W. e COATS, D.W. Infection of *Gymnodinium sanguineum* by the *Dinoflagellate Amoebophrya* sp.: Effect of nutrient environment on parasite generation time, reproduction, and infectivity. *The Journal of Eukaryotic Microbiology*, v.47, n.5, p.504–510. 2000.
- YIN, Q.; CARMICHAEL, W.W. e EVANS, W.R. Factors influencing growth and toxin production by cultures of the freshwater cyanobacterium *Lyngbya wollei* Farlow ex Gomont. *Journal of Applied Phycology*, Kluwer Academic Publishers, v.9, n.1, p.55–63. 1997.
- YOKOKAWA, F.; SAMESHIMA, H.; KATAGIRI, D.; AOYAMA, T. e SHIOIRI, T. Total syntheses of lyngbyabellins A and B, potent cytotoxic lipopeptides from the marine cyanobacterium *Lyngbya majuscula*. *Tetrahedron*, Elsevier Science, v.58, n.46, p.9445–9458. 2002.
- YUFENG, Y. Long-term changes in crustacean zooplankton and water quality in a shallow, eutrophic Chinese lake densely stocked with fish. *Hydrobiologia*, v.391, n.1, Jan, p.193–201. 1998.
- YUSOFF; F.M.; ZUBAIDAH, M.S.; MATIAS, H.B. e KWAN, T.S. Phytoplankton succession in intensive marine shrimp culture ponds treated with a commercial bacterial product. *Aquaculture Research*, Blackwell Publishing, v.33, n.4, p.269–278. 2002.
- ZAGARESE, H.E.; CRAVERO, W.; GONZALEZ, P. e PEDROZO, F. Copepod mortality induced by fluctuating levels of natural ultraviolet radiation simulating vertical water mixing. *Limnol. Oceanogr.*, v.43, n.1, p.169–174. 1998.
- ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y. Structure and variation of the Paraguay River phytoplankton in two periods of its hydrological cycle. *Hydrobiologia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: The Netherlands, v.472, n.1–3, p.177–196. 2002.
- ZHANG, W. e WANG, R. Summertime ciliate and *Copepod nauplii* distributions and microzooplankton herbivorous activity in the Laizhou Bay, Bohai Sea, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Academic Press, v.51, n.1, p.103–114. 2000.
- ZHANG, Y.; GHADOUANI, A.; PREPAS, E.E.; PINEL-ALLOUL, B.; REEDYK, S.; CHAMBERS, P.A.; ROBERTS, R.D.; MÉTHOT, G.; RAIK, A. e HOLST, M. Response of plankton communities to whole-lake Ca(OH)₂ and CaCO₃ additions in eutrophic hardwater lakes. *Freshwater Biology*, v.46, n.8, p.1105–1119. 2001.
- ZIEGLER, B.P. *Theory of Modelling and Simulation*. New York: John Wiley. 1976.
- ZIMBA, P.V.; KHOO, L.; GAUNT, P.S.; BRITAIN, S. e CARMICHAEL, W.W. Confirmation of catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), mortality from *Microcystis* toxins. *Journal of Fish Diseases*, Blackwell Publishing, v.24, n.1, p.41–47. 2001.

ZIMMERMANN, S.; CONFORTI, V. e TRIEMER, R.E. Microscopic investigations of strombomonas with special reference to release from the lorica following cell division. *Journal of Phycology*, v.36, n.3, Dez, p.73-73. 2000.

ZOTINA, T.A.; TOLOMEYEV A.P.; DEGERMENDZHY, N.N. Lake Shira, a Siberian salt lake: ecosystem structure and function. 1. Major physico-chemical and biological features. *International Journal of Salt Lake Research*, Kluwer Academic Publishers:Dordrecht/The Netherlands, v.8, n.3, p.211-232. 1999.

ANEXOS

ANEXO 1: Exemplo de utilização de cadeias de Markov em análise ambiental.

ANEXO 2: Exemplo de um fluxo energético composto por 36 compartimentos.

ANEXO 3: Tabelas com os dados relativos aos métodos, equipamentos, unidades e referências das amostragens realizadas na Lagoa Itapeva por Cardoso (2001).

ANEXO 4: Nomograma de Moore.

ANEXO 5: Valores da constante de Henry e da primeira e segunda constante de dissociação do ácido carbônico.

ANEXO 6: Análise dos dados obtidos na correção dos valores de respiração.

ANEXO 7: Análise dos dados obtidos na correção dos valores de produtividade primária líquida.

ANEXO 8: Análise dos dados obtidos na correção dos valores de produtividade primária bruta.

ANEXO 9: Balanço de massa dos pontos amostrais da Lagoa Itapeva.

Exemplo de utilização de cadeias de markov em análise ambiental. Como citado no item 2.3.2, este anexo está estruturado e baseado no trabalho de Guazzelli (1993), onde o desenvolvimento do modelo markoviano é realizado sobre um exemplo prático cuja aplicação trata da presença de mercúrio em águas superficiais em concentrações acima do limite estabelecido.

Para delinear este modelo o exemplo foi dividido em partes para melhor descreve-lo, facilitando assim o entendimento do uso de um processo markoviano em sistemas ambientais.

Formulação do processo: foram considerados os registros históricos de “conformidade” ou “inconformidade” de amostras, relativas ao padrão de concentração de mercúrio em águas superficiais, para uma determinada estação de monitoramento, que por sua vez foi bimestralmente amostrada (Tabela A1.1).

TABELA A1.1: Registros históricos bimestrais de conformidade ou inconformidade com o padrão para a concentração de mercúrio em águas superficiais (1=conforme e 0=inconforme)

Bimestre (t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Conformidade	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0

Fonte: Guazzelli (1993)

Identificação do modelo: se $X_t = 0$, considerar-se-á que a amostra se apresenta "conforme" por ocasião da coleta no bimestre t , e se $X_t = 1$, esta se apresenta "inconforme" no bimestre t . $\{X_t\}$, nestas condições, é um processo estocástico de estado discreto e parâmetro discreto onde $S = \{0, 1\}$ e $t = \{1, 2, \dots\}$. Para um período de dezoito bimestres ($\{X_t\} = \{X_1, X_2, \dots, X_{18}\}$), que corresponde ao período estudado. A representação geral do processo $\{0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0\}$ retrata sua realização.

Descrição do processo histórico: o processo estocástico histórico está descrito na Tabela A1.2 (Tabela de contingência). Pode-se observar na Tabela A1.1, que duas vezes o estado do sistema evoluiu de "conforme" para "conforme" em bimestres contíguos (isto é, de $X_t = 0$ para $X_{t+1} = 0$ e de $X_t = 1$ para $X_{t+1} = 1$); portanto, um 2 é colocado na célula (1, 1) da tabela de

contingência^{A.1}. Por definição, p_{11} é a probabilidade de "conforme" no bimestre seguinte dado que subsiste conformidade no bimestre corrente. Da tabela de contingência (Tabela A1.2), dentre 7 "conformes" nos bimestres vigentes (a soma da linha 1), 2 "conformes" ocorreram nos bimestres seguintes; portanto $p_{11} = 2/7$. Analogamente, $p_{12} = 5/7$ ou 5 bimestres "inconformes" ocorreram subsequente aos bimestres "conformes" dentre os 7 possíveis. Logo, a matriz P pode ser representada matematicamente pela expressão A1.1^{A.2} e graficamente da forma mostrada na Figura A1.1.

$$\tilde{P} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{11} = \frac{2}{7} & p_{12} = \frac{5}{7} \\ p_{21} = \frac{5}{10} & p_{22} = \frac{5}{10} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,29 & 0,71 \\ 0,50 & 0,50 \end{pmatrix} \quad (\text{A1.1})$$

TABELA A1.2: Tabela de contingência obtida a partir do registro histórico bimestral para padrões de concentração de mercúrio em águas superficiais

		Para um estado específico no bimestre seguinte		Soma da Linha
		CONFORME ($X_{t+1} = 0$):	INCONFORME ($X_{t+1} = 1$):	
De um estado específico em um dado bimestre	CONFORME ($X_{t+1} = 0$):	2	5	7
	INCONFORME ($X_{t+1} = 1$):	5	5	10
Soma da Coluna		7	10	17

Fonte: Guazzelli (1993)

Análise da probabilidade de estados futuros: como são satisfeitas as hipóteses relativas à dependência (propriedade markoviana) e estacionariedade para o exemplo dado, pode-se assumir a "validade" da Cadeia de Markov, podendo-se prever a probabilidade de qualquer estado futuro, dado qualquer estado presente, tão somente aplicando as Regras de Adição e Multiplicação de probabilidades (Fagundes, 1993).

Árvore de probabilidade: a Figura A1.2 mostra a árvore de probabilidades que descreve o estado presente no bimestre 18 ("conforme" ou $X_{18} = 0$), bem como os estados futuros nos bimestres 19, 20 e 21. Cada "nó" na árvore representa um estado específico no bimestre t que

^{A.1} De uma maneira geral, uma tabela de contingência é uma representação dos dados, quer de tipo qualitativo, quer de tipo quantitativo, especialmente quando são de tipo bivariado, isto é, podem ser classificados segundo dois critérios. O aspecto de uma tabela de contingência é o de uma tabela com linhas, correspondentes a um dos critérios, e com colunas, correspondente ao outro critério (ALEA, 2000).

^{A.2} Representação conveniente da probabilidade de transição de 1-estágio para o caso discreto, que é o objeto de estudo deste anexo.

é ou "conforme" ($X_t = 0$) ou "inconforme" ($X_t = 1$). O "ramo" entre dois estados quaisquer representa um caminho possível de trânsito, entre esses dois estados. As probabilidades condicionais ou "de ramo" são mostradas na Figura A1.2, encimadas em cada ramo. As "probabilidades de ramo" são, na realidade, as probabilidades de transição entre dois estados sucessivos quaisquer (Chung, 1967).

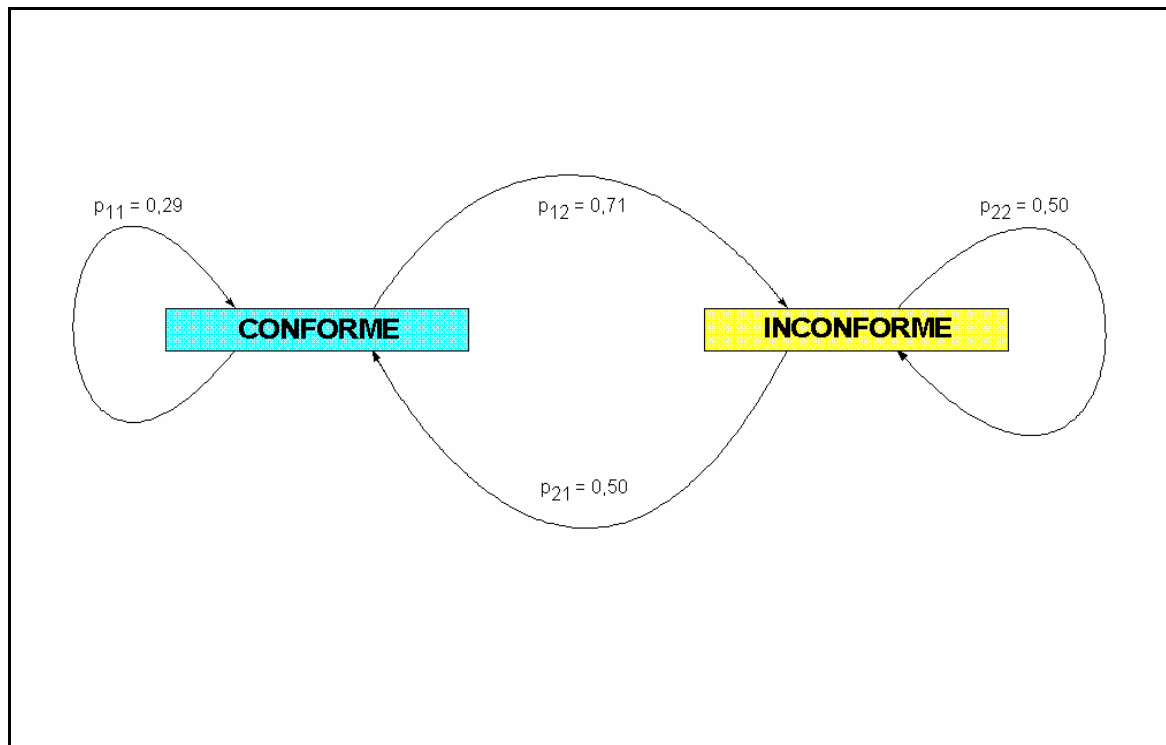


FIGURA A1.1: Representação da matriz de transição P para o exemplo em estudo.

Fonte: Guazzelli (1993)

Interpretação da árvore de probabilidade: A probabilidade de "conforme" no bimestre 19 ($X_{19} = 0$) dado "conforme" no bimestre 18 ($X_{18} = 0$) é dada por p_{11} (expressão A1.2). Já a probabilidade de "conforme" no bimestre 20 ($X_{20} = 0$) dado "conforme" no bimestre 18 é dada pela expressão A1.4.

$$P(X_{19}=0 | X_{18}=0) = p_{11} = 0,29 \quad (\text{A1.2})$$

$$\left. \begin{aligned} &P(X_{20} = 0 | X_{18} = 0) = \\ &P(X_{19} = 0 | X_{18} = 0).P(X_{20} = 0 | X_{19} = 0) + P(X_{19} = 1 | X_{18} = 0).P(X_{20} = 0 | X_{19} = 1) = \\ &(0,29).(0,29) + (0,71).(0,50) = \\ &0,0841 + 0,3550 = \\ &0,4391 \end{aligned} \right\} (\text{A1.3})$$

Atentando-se para a árvore de probabilidades (Figura A1.2), verifica-se que é possível atingir $X_{20} = 0$, por dois caminhos. O primeiro vai de $X_{18} = 0$ a $X_{19} = 0$ e daí para $X_{20} = 0$ com probabilidade $(0,29).(0,29)$, conforme a "Regra de Multiplicação" para eventos dependentes. O segundo, dirige-se de $X_{18} = 0$ a $X_{19} = 1$ e daí para $X_{20} = 0$ com probabilidade $(0,71).(0,50)$.

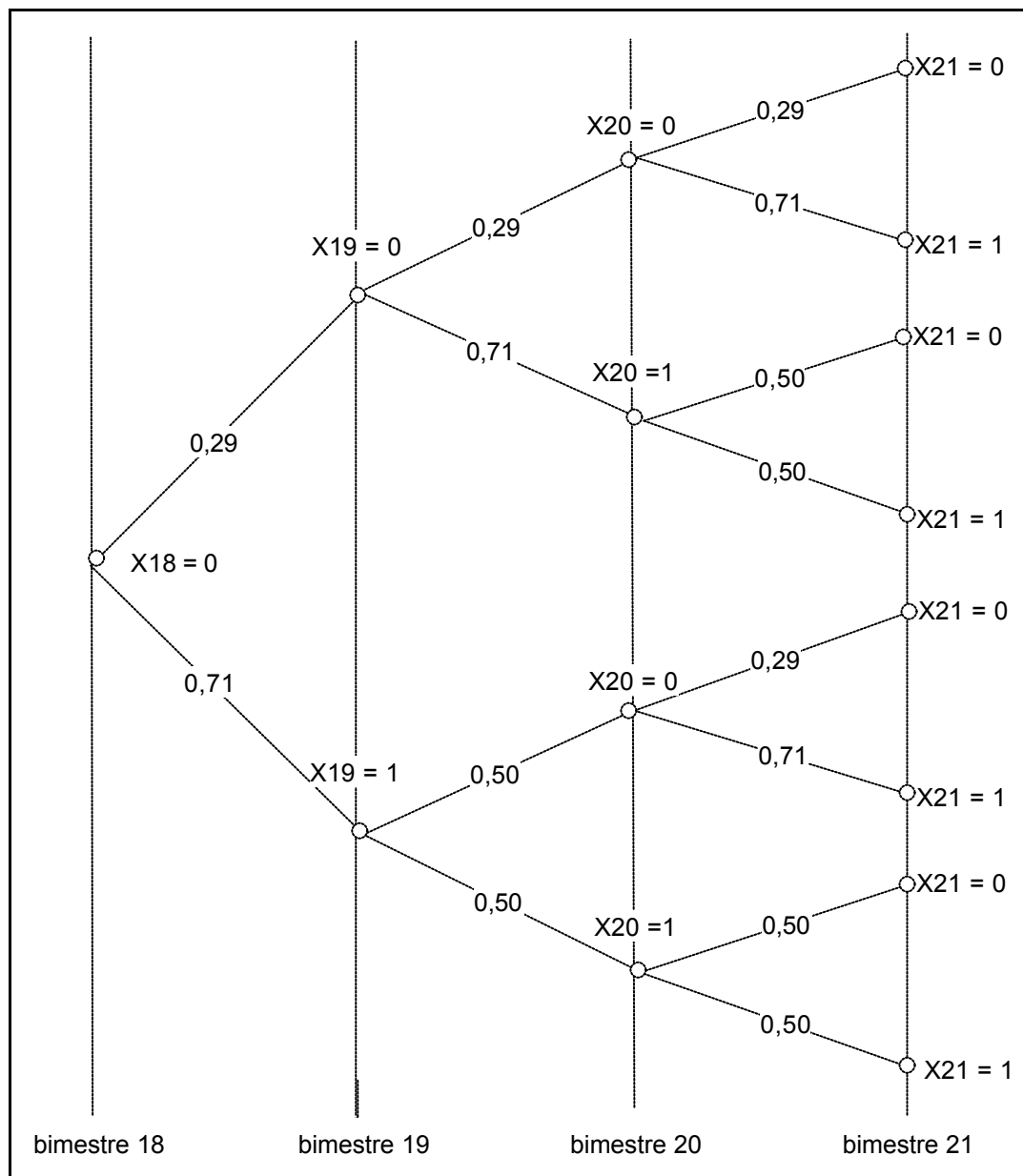


FIGURA A1.2 – Árvore de probabilidades para o exemplo estudado.

Fonte: Adaptado de Guazzelli (1993)

Uma vez que esses caminhos são mutuamente exclusivos, a probabilidade de atingir $X_{20} = 0$, dado que se iniciou em $X_{18} = 0$, é dada pela soma das probabilidades calculadas separadamente $(0,0841 + 0,3550)$, conforme a "Regra de Adição" para eventos mutuamente exclusivos. A probabilidade de "conforme" no bimestre 21, dado "conforme" no bimestre 18

($X_{18} = 0$), é dada pela soma de quatro caminhos de probabilidades, como mostrado na expressão A1.4.

$$\left\langle \begin{array}{l} P(X_{21} = 0 | X_{18} = 0) = \\ (0,29)(0,29)(0,29) + (0,29)(0,71)(0,50) + (0,71)(0,50)(0,29) + (0,71)(0,50)(0,50) = \\ 0,407789 \end{array} \right\rangle \quad (A1.4)$$

Resumindo, dado "conforme" no bimestre 18, as probabilidades de "conforme" nos bimestres 19, 20 e 21 são (0,29), (0,4391000) e (0,4077890), respectivamente. Essas probabilidades condicionais para o estado "conforme" são conhecidas como "probabilidades transientes", por se alterarem com o tempo.

Enfoque matricial nas soluções transientes: o método de árvores de probabilidades, para o cálculo das probabilidades transientes, apesar de instrutivo, é incômodo. Um procedimento mais elegante e eficiente envolve a utilização da multiplicação de matrizes (Contri, 1997). Para a matriz de transição do exemplo dado (expressão A1.1), sabe-se que a primeira linha representa as probabilidades condicionais dos estados possíveis no próximo período, dado que o estado 1 "conforme" é observado no período atual. Assim, dado "conforme" no período atual, $p_{11} = 0,29$ e $p_{12} = 0,71$ são as probabilidades de "conforme" e "inconforme", respectivamente, no próximo período. Analogamente, a segunda linha representa as duas probabilidades condicionais no próximo período, dado ter sido observado o estado 2 ("inconforme") no período corrente (isto é, $p_{21} = 0,50$ e $p_{22} = 0,50$).

Para se determinar todas as probabilidades condicionais de dois períodos no futuro (isto é, $p_j^{(2)}$ para todos os i e j), simplesmente eleva-se \tilde{P} ao quadrado como mostrado na equação A1.5.

$$\tilde{P}^2 = \tilde{P} \cdot \tilde{P} = \begin{pmatrix} 0,29 & 0,71 \\ 0,50 & 0,50 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0,29 & 0,71 \\ 0,50 & 0,50 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,4391000 & 0,5609000 \\ 0,3950000 & 0,6050000 \end{pmatrix} \quad (A1.5)$$

Esta matriz (equação A1.5) indica, por exemplo, que $p_2^{(2)}$ é a probabilidade de "inconforme" daqui a dois bimestres, dado que no bimestre corrente o estado subsistente é de conformidade. As probabilidades condicionais para daqui a três bimestres são dadas por sua vez pela expressão A1.6.

$$\tilde{P}^3 = \tilde{P}^2 \tilde{P} = \begin{pmatrix} 0,4391000 & 0,5609000 \\ 0,3950000 & 0,6050000 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0,29 & 0,71 \\ 0,50 & 0,50 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,4077890 & 0,5922110 \\ 0,4170500 & 0,5829500 \end{pmatrix} \quad (A1.6)$$

Para calcular as probabilidades condicionais daqui a quatro bimestres, basta calcular \tilde{P}^4 efetuando-se $\tilde{P}^3 \cdot \tilde{P}$ ou $\tilde{P}^2 \cdot \tilde{P}^2$. Em geral, as chamadas probabilidades de transição de k

estágios, para k períodos de tempo no futuro, representadas por $p_{ij}^{(k)}$, são obtidas pelo cálculo de \tilde{P}^k .

Probabilidades incondicionais ou absolutas: na Tabela A1.2, as somas de cada coluna dividida pela soma de ambas as colunas ou de ambas as linhas fornecem, respectivamente, as estimativas das probabilidades de uma amostra aleatória, coletada na estação de monitoramento, apresentar-se nos estados "conforme" ou "inconforme" (no bimestre "vigente"). Essas probabilidades, denominadas probabilidades incondicionais ou absolutas do estado j no período "vigente", representam as probabilidades incondicionais iniciais (Rohatgi, 1976). Para o exemplo dado, as probabilidades incondicionais iniciais são representadas pelo vetor linha (μ) expresso na equação A1.7.

$$\mu^{(0)} = (0,41 \ 0,59) \quad (A1.7)$$

Se se estiver interessado na probabilidade incondicional ou absoluta do estado j após k transições ($\mu_j^{(k)}$), o produto como apresentado na equação A1.8 deve ser efetuado, onde $\mu^{(k)} = [\mu_1^{(k)}, \mu_2^{(k)} \dots \mu_n^{(k)}]$ é o vetor linha das probabilidades incondicionais para todos os n estados após k transições, $\mu^{(0)}$ é o vetor linha das probabilidades incondicionais iniciais e \tilde{P} é a matriz de transição de 1-estágio.

$$\mu^{(k)} = \mu^{(0)} \cdot \tilde{P}^k \quad (A1.8)$$

Como $\tilde{P}^k = \tilde{P}^{k-1} \cdot \tilde{P}$, pode-se reescrever a equação A1.8 conforme mostrado na equação A1.9. Por outro lado, para "k-1" estágios, o produto dado pela equação A1.9 pode ser representado através da equação A1.10.

$$\mu^{(k)} = \mu^{(0)} \cdot \tilde{P}^{k-1} \cdot \tilde{P} \quad (A1.9)$$

$$\mu^{(k-1)} = \mu^{(0)} \cdot \tilde{P}^{k-1} \quad (A1.10)$$

Substituindo-se a equação A1.10 na equação A1.9 obtêm-se uma equação alternativa (equação A1.11) para o cálculo da probabilidade incondicional ou absoluta do estado j após k transições.

$$\mu^{(k)} = \mu^{(k-1)} \cdot \tilde{P} \quad (A1.11)$$

Ilustrando com o exemplo em estudo, para definir-se a distribuição de probabilidades dos estados "conforme" e "inconforme", respectivamente, considerando três bimestres, basta efetuar a equação A1.8. Assim obtêm-se o resultado apresentado na expressão A1.12.

$$\left\langle \begin{aligned}
 \mu^{(3)} &= (0,41 \quad 0,59) \cdot \begin{pmatrix} 0,29 & 0,71 \\ 0,50 & 0,50 \end{pmatrix}^3 = \\
 &= (0,41 \quad 0,59) \cdot \begin{pmatrix} 0,4077890 & 0,5922110 \\ 0,4170500 & 0,5829500 \end{pmatrix} = \\
 &= (0,4132530 \quad 0,5867470)
 \end{aligned} \right\rangle \quad (A1.12)$$

Soluções de estado estacionário: para ilustrar a distribuição estacionária da Cadeia de Markov, considerar-se-á os cálculos apresentados na Tabela A1.3, em relação ao exemplo dado. Deve-se observar nesta tabela que as oscilações dessas probabilidades transientes são amortecidas em cada estágio. Isso implica que $p_j^{(k)}$ se aproxima, assintoticamente, de um valor de estado estacionário. Observa-se, também, que as linhas de \tilde{P}^k vão se tornando idênticas. Por exemplo, as linhas de $\tilde{P}^{(12)}$ são idênticas para 7 dígitos significativos. Isso ilustra o fato interessante de que a probabilidade de qualquer estado futuro vai se tornando independente de seu estado inicial, quanto mais se evolui para o futuro. Esta probabilidade converge para seu valor de estado estacionário (μ_j^*) de cima para baixo (se $p_j > \mu_j^*$) ou de baixo para cima (se $p_j < \mu_j^*$), como mostrado na Figura A1.3.

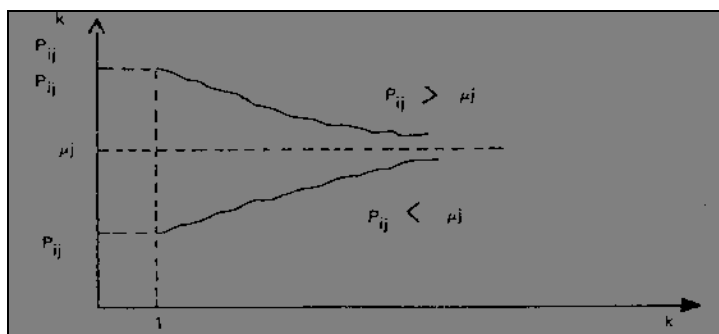


FIGURA A1.3: Aproximação assintótica da probabilidade transiente para a probabilidade em estado estacionário.

Fonte: Guazzelli (1993)

A probabilidade de estado estacionário para o estado j indica que a probabilidade de se encontrar o processo estocástico no estado j , após um "grande" número de transições, tende para o valor dado por μ_j^* . Uma vez que essa tendência se manifesta independentemente da distribuição de probabilidade inicial, conclui-se que μ_j^* é a probabilidade "incondicional" para o estado j . Assim, pode-se concluir que as probabilidades absolutas não se alteram, uma vez que o estado estacionário tenha sido atingido. Conseqüentemente, com base na equação A1.11

a igualdade representada pela equação A1.13 deve ser verdadeira, sendo μ^* o vetor linha de n probabilidades de estado estacionário.

$$\mu^* = \mu^* \cdot \underset{\sim}{P} \quad (\text{A1.13})$$

TABELA A1.3: Matrizes de transição de 13 estágios para o exemplo dado.

k	$\underset{\sim}{P}^k$
1	$\begin{pmatrix} 0,2900000 & 0,7100000 \\ 0,5000000 & 0,5000000 \end{pmatrix}$
2	$\begin{pmatrix} 0,4391000 & 0,5609000 \\ 0,3950000 & 0,6050000 \end{pmatrix}$
3	$\begin{pmatrix} 0,4077890 & 0,5922110 \\ 0,4170500 & 0,5829500 \end{pmatrix}$
4	$\begin{pmatrix} 0,4143643 & 0,5856357 \\ 0,4124195 & 0,5875805 \end{pmatrix}$
5	$\begin{pmatrix} 0,4129835 & 0,5870165 \\ 0,4133919 & 0,5866081 \end{pmatrix}$
6	$\begin{pmatrix} 0,4132735 & 0,5867265 \\ 0,4131877 & 0,5868123 \end{pmatrix}$
7	$\begin{pmatrix} 0,4132126 & 0,5867874 \\ 0,4132306 & 0,5867694 \end{pmatrix}$
8	$\begin{pmatrix} 0,4132254 & 0,5867746 \\ 0,4132216 & 0,5867784 \end{pmatrix}$
9	$\begin{pmatrix} 0,4132227 & 0,5867773 \\ 0,4132235 & 0,5867765 \end{pmatrix}$
10	$\begin{pmatrix} 0,4132232 & 0,5867768 \\ 0,4132231 & 0,5867769 \end{pmatrix}$
11	$\begin{pmatrix} 0,4132231 & 0,5867769 \\ 0,4132232 & 0,5867768 \end{pmatrix}$
12	$\begin{pmatrix} 0,4132231 & 0,5867769 \\ 0,4132231 & 0,5867769 \end{pmatrix}$
13	$\begin{pmatrix} 0,4132231 & 0,5867769 \\ 0,4132231 & 0,5867769 \end{pmatrix}$

Fonte: Guazzelli (1993)

Esta condição (equação A1.13), associada ao fato que os elementos de μ^* devem somar 1 ($\sum_{j=1}^n \mu_j^* = 1$), isto é, permite que imediatamente sejam calculadas as probabilidades de estado estacionário. Aplicando-se a equação A1.13 ao exemplo dado, obtém-se os dados apresentados na expressão A1.14 que, após a multiplicação, se transforma em 3 equações com 2 incógnitas conforme expressão A1.15.

$$(\mu_1^* \quad \mu_2^*) = (\mu_1^* \quad \mu_2^*) \cdot \begin{pmatrix} 0,29 & 0,71 \\ 0,50 & 0,50 \end{pmatrix} \quad (\text{A1.14})$$

$$\begin{cases} \mu_1^* = 0,29\mu_1^* + 0,50\mu_2^* \\ \mu_2^* = 0,71\mu_1^* + 0,50\mu_2^* \\ \mu_1^* + \mu_2^* = 1 \end{cases} \quad (\text{A1.15})$$

Desde que $\mu^* (0 \ 0)$ representa uma solução trivial para as duas primeiras equações da expressão A1.15, a qual é invalidada por $\mu_1^* + \mu_2^* = 1$, tem-se que uma das duas primeiras equações é redundante. Arbitrariamente, desprezando-se a segunda e resolvendo-se a primeira e a terceira equação simultaneamente, obtém-se (para 7 dígitos significativos), os dados apresentados na Tabela A1.4.

TABELA A1.4: Valores de μ^* obtidos para o exemplo em estudo

m^*	Resultado
1	0,4132231
2	0,5867769

Fonte: Guazzelli (1993)

Estes resultados (Tabela A1.4) indicam que, ao longo do tempo, a proporção de amostras que acusarão o estado "conforme" aumentará de seu valor atual de 0,41 para seu valor de longo prazo, de 0,4132231, enquanto a do estado "inconforme" decrescerá de 0,59 para 0,5867769, se estabilizando neste valor. Deve-se notar, contudo, que sob condições de estado estacionário as circunstâncias que promovem as mudanças de estado ou permanência nos mesmos estados continuam a atuar, segundo a matriz de transição estacionária. São as probabilidades absolutas que se alteram com o tempo para finalmente se estabilizarem (Costa Neto e Cymbalista, 1971).

Conclusões sobre o modelo: cabe salientar-se duas observações. Primeiro, as predições de estado estacionário podem ser inatingíveis, na prática, devido a uma combinação de:

- a) erro na estimativa de \tilde{P} ;
- b) alterações em \tilde{P} com o tempo, e
- c) alterações na natureza das relações de dependência entre os estados.

Em segundo lugar, nem todas as matrizes de transição conduzem às análises de estado estacionário aqui apresentadas, uma vez que as probabilidades de estado estacionário podem inexistir para determinados tipos de cadeias de Markov. Se uma cadeia de Markov for ergódica^{A.3}, então μ^*_j existirá como o limite de $p_{ij}^{(k)}$; isto é $\mu^*_j = \lim_{k \rightarrow \infty} p_{ij}^{(k)}$ é assegurado.

Cabe também mencionar os chamados estados absorventes. Um estado s_i de uma cadeia de Markov é dito "absorvente" se o sistema, uma vez atingindo o estado s_i , nele permanece (Komota et al, 1976). Um estado s_i é absorvente se, e somente se, a i -ésima linha da matriz de transição \tilde{P} contiver 1 na diagonal principal e zero em todas as outras posições. Uma cadeia de Markov absorvente, conforme Kemeny e Snell (1963), não é ergódica.

^{A.3} Uma cadeia de Markov é ergódica se o processo permite que se atinja qualquer estado futuro a partir de qualquer estado inicial, após uma ou mais transições.

Exemplo de um fluxo energético composto por 36 compartimentos correspondente a uma área mesolinar da baía de Chesapeake durante o verão. Abaixo estão listados os itens que compõem o fluxograma apresentado na Figura A2.1 e Tabela A2.1. Tanto na Tabela quanto na Figura a biomassa é expressa em mgC.m^{-2} e os fluxos em $\text{mgC.m}^{-2}.\text{verão}^{-1}$).

1. Fitoplâncton.
2. Bactérias associadas a partículas suspensas.
3. Sedimentos bacterianos.
4. Diatomáceas bêmica.
5. Bactérias livres na coluna d'água.
6. Microflagelados heterotróficos.
7. Microzooplâncton.
8. Zooplâncton.
9. *Ctenophores*.
10. Nematocito marinho.
11. Suprimentos suspensos.
12. *Mya*.
13. Ostras.
14. Outros poliquetos.
15. *Nereis*.
16. *Macoma* spp.
17. fauna local.
18. Depósito "alimentador" de crustáceos.
19. Caranguejo azul.
20. Larvas de peixe.
21. Arenque azul.
22. Anchova.
23. Menhaden (peixe semelhante ao arenque).
24. Shad (peixe do gênero *Alosa*).
25. Corvina.
26. *Hog choker*.
27. *Spot*.
28. *White perch*.
29. Peixe gato.
30. Peixe azul.
31. *Weak fish*.
32. Linguado.
33. Lobo do mar listrado.
34. Carbono orgânico dissolvido.
35. Matéria orgânica produzida.
36. Matéria orgânica produzida.

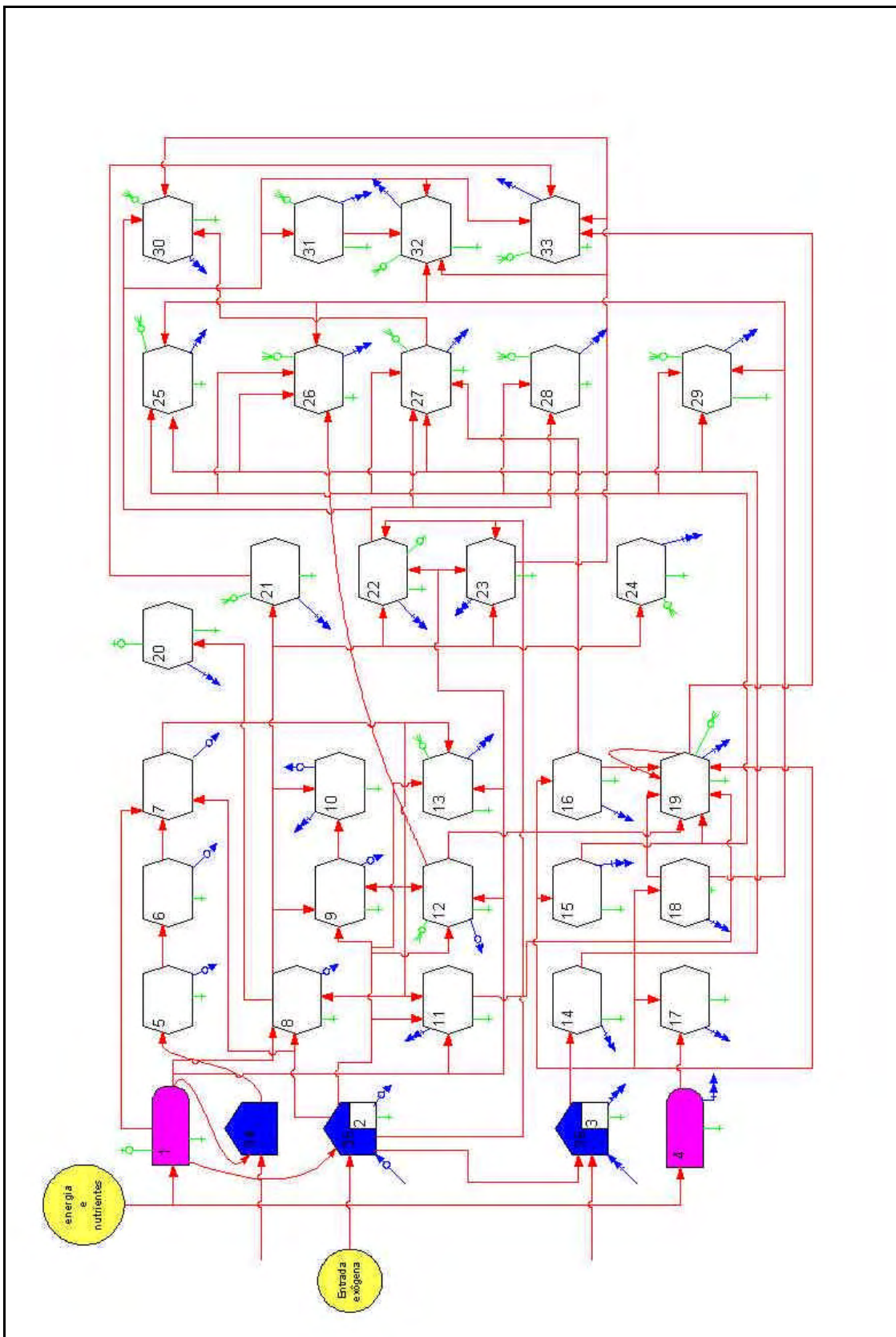


FIGURA A2.1: Fluxo energético da área mesolínar da baía de Chesapeake durante o verão (biomassa em $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ e os fluxos em $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{verão}^{-1}$)

Tabela com os dados relativos aos métodos, equipamentos, unidades e referências das amostragens realizadas na Lagoa Itapeva por Cardoso (2001).

TABELA A3.1: Métodos, equipamentos, unidades e referências das amostragens realizadas na Lagoa Itapeva por Cardoso (2001).

Variável	Método	Equipamento	Unidade	Referência
pH	via úmida	Sonda YSI		APHA (1992) 4-65
condutividade	via úmida	Sonda YSI	µS/cm	APHA (1992) 2-43
temperatura	via úmida	Sonda YSI	°C	APHA (1992) 5-59
OD	via úmida	Sonda YSI	mg.L ⁻¹ e %	APHA (1992) 4-98
turbidez	via úmida	Sonda YSI	NTU	APHA (1992) 2-8
ORP	via úmida	Sonda YSI	mV	APHA (1992) 2-60
vento	ar	anemômetro	m/s	-----
nível d'água	via úmida e visual	linígrafo e régua	m	-----
transparência	visual	Disco de Secchi	m	-----
DQO	digestão e titulação	kit Merck	mg/L	APHA (1992) 5-6
Pt	digestão	kit Merck	mg/L	APHA (1992) 4-108
NH ₄ ⁺	via úmida	kit Merck	mg/L	-----
Sílica	diluição	kit Merck	mg/L	APHA (1992) 4-117
NO ₃ ⁻	via úmida	Cromatografia iônica DIONEX	mg/L	APHA (1992) 4-1
NO ₂ ⁻	via úmida	Cromatografia iônica DIONEX	mg/L	APHA (1992) 4-6
SO ₄ ²⁻	via úmida	Cromatografia iônica DIONEX	mg/L	APHA (1992) 4-131
PO ₄ ³⁻	via úmida	Cromatografia iônica DIONEX	mg/L	APHA (1992) 4-1
Cl ⁻	via úmida	Cromatografia iônica DIONEX	mg/L	APHA (1992) 4-48
F ⁻	via úmida	Cromatografia iônica DIONEX	mg/L	APHA (1992) 4-59
série sólidos	digestão e filtragem	Banho-maria, mufla, balança	mg/L	APHA (1992) 2-53
CO ₂	via úmida	Bureta	mg/L	APHA (1992) 4-12
alcalinidade	via úmida	Bureta	mg/L	APHA (1992) 2-25
dureza	via úmida	Bureta	mg/L	APHA (1992) 2-35
DBO ₅	Incubação e titulação	Incubadora e bureta	mg/L	APHA (1992) 5-1
coliformes	Colilert	seladora	NMP	APHA (1992) 9-63
Nt	Nitrogênio Kjeldahl	Digestor, destilador, bureta	mg/L	APHA (1992) 4-75
Pigmentos	Filtração, extração com acetona e espectrofotometria	bomba a vácuo, suporte de filtração, espectrofotômetro	µg/L	APHA (1992) 10-22, CETESB (1990)
Produção primária (PP)	Incubação e titulação (OD Winckler)	Armadilhas para frascos e bureta	mg /L	APHA (1992) 4-98 e 100
fitoplâncton	Coleta simples	Garrafa de Van Dorn e câmara de Sedgwich-Rafter	nº ind./L	APHA (1992) 10-2 e 13
zooplâncton	Coleta com Filtração	Motobomba +rede 25µm+ câmara de Utermöhl	nº ind./L	APHA (1992) 10-2 e 16

Nomograma de Moore para determinação da concentração de dióxido de carbono livre dados conhecidos de pH e alcalinidade total (Lind, 1985).

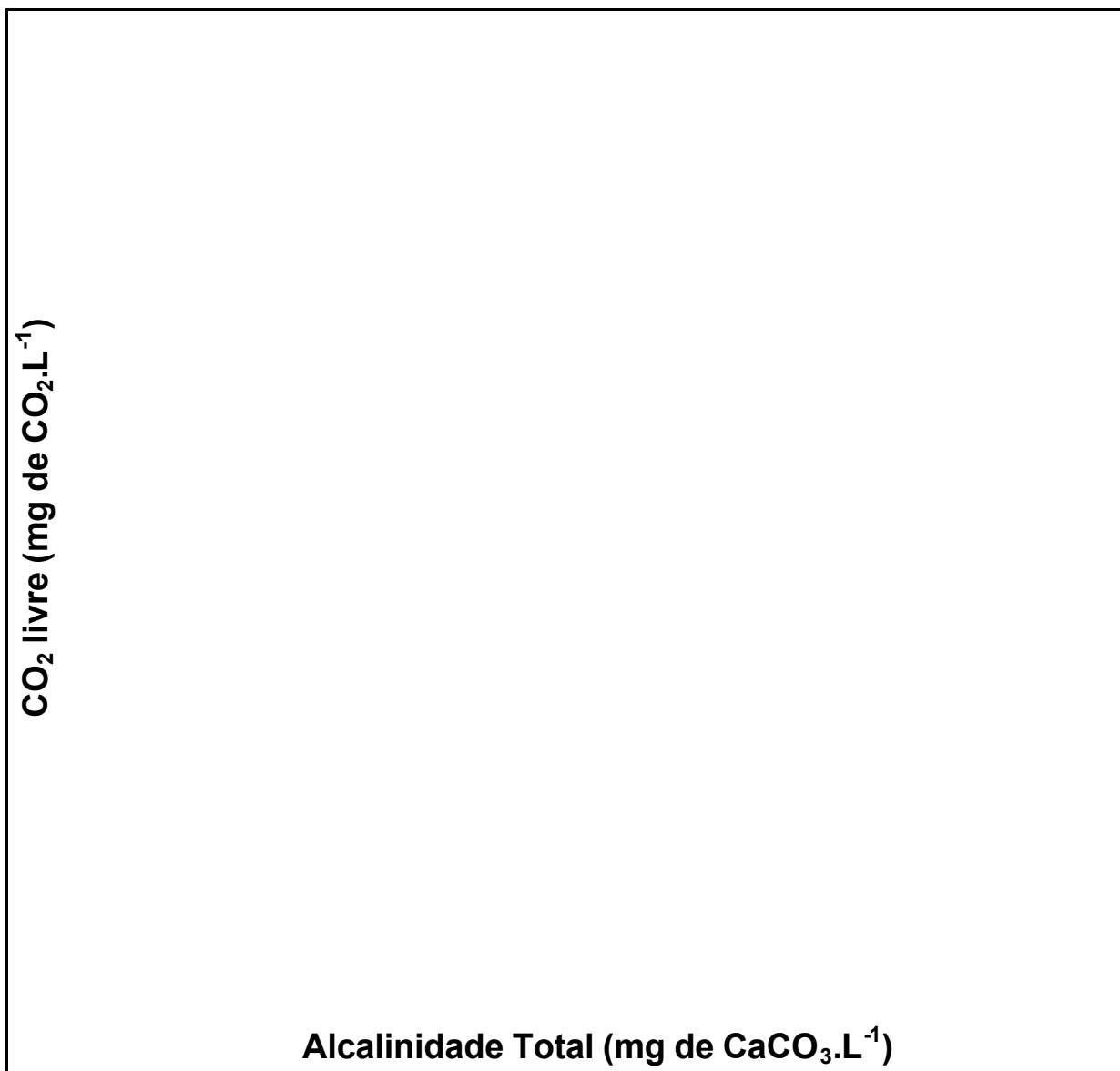


FIGURA A4.1: Nomograma de Moore

Valores da constante de Henry (K_H) e da primeira e segunda constante de dissociação do ácido carbônico (K_1 e K_2) a diferentes temperaturas e a pressão de 1 atmosfera (Stumm e Morgan, 1996).

TABELA A5.1: Valores da constante de Henry (K_H) e da primeira e segunda constante de dissociação do ácido carbônico (K_1 e K_2).

Temperatura (°C)	-log K_H	-log K_1	-log K_2
0	1,11	6,579	10,625
5	1,19	6,517	10,557
10	1,27	6,464	10,490
15	1,32	6,419	10,430
20	1,41	6,381	10,377
25	1,47	6,352	10,329
30	1,53	6,327	10,290
35	1,58	6,309	10,250
40	1,64	6,298	10,220

Análise dos dados obtidos pelo software Surfer, referente aos parâmetros de respiração estudados antes e após correções e/ou complementação. As Tabelas estão divididas conforme a estação do ano (P = primavera, V = verão, O = outono e I = inverno) e os locais de coleta das amostras (N = norte, C = centro e S = sul).

As informações obtidas correspondem a:

- ΔX – intervalo do eixo x;
- ΔY – intervalo do eixo y;
- Escala de X – valores mínimos e máximos do eixo x;
- Escala de Y – valores mínimos e máximos do eixo y;
- Escala de Z – valores mínimos e máximos do eixo z;
- Volumes determinados através dos métodos de integração numérica:
 - Trapezios;
 - Simpson;
 - Simpson 3/8;
- Volume positivo – acima do eixo z;
- Volume negativo – abaixo do eixo z;
- Diferença - diferença entre o volume positivo e negativo;
- Área plana positiva – área ascendente;
- Área plana negativa – área descendente;
- Área plana horizontal;
- Área plana total – somatório das áreas planas;
- Área superficial positiva – área superficial ascendente;
- Área superficial negativa – áreas superficial descendente.

TABELA A6.1: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral PN.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	631,579	894,737
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-120 a 0	-170 a 0
Escala de Z	-135,640 a 251,179	4,162 a 1.176,190
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	102.312,00	374.735,00
Simpson	101.514,00	376.876,00
Simpson 3/8	100.448,00	373.872,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	226.892,00	374.706,00
Volume negativo	124.598,00	0,00
Diferença (positivo menos negativo)	102.294,00	374.706,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	4.675,97	10.200,00
Área plana negativa (descendente)	2.524,03	0,00
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	7.200,00	10.200,00
Área superficial positiva (ascendente)	28.260,10	20.666,60
Área superficial negativa (descendente)	19.254,60	0,00

TABELA A6.2: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral PC.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	473,684	473,684
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-90 a 0	-90 a 0
Escala de Z	25,406 a 200,518	34,660 a 187,512
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	543.288,00	502.443,00
Simpson	543.726,00	502.704,00
Simpson 3/8	543.729,00	502.488,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	543.320,00	502.475,00
Volume negativo	0,00	0,00
Diferença (positivo menos negativo)	543.320,00	502.475,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	5.400,00	5.400,00
Área plana negativa (descendente)	0,00	0,00
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	5.400,00	5.400,00
Área superficial positiva (ascendente)	28.307,70	20.009,10
Área superficial negativa (descendente)	0,00	0,00

TABELA A6.3: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral PS.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	894,737	894,737
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-170 a 0	-170 a 0
Escala de Z	2,414 a 1.184,87	4,162 a 1.176,190
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	5.161.170,00	3.747.350,00
Simpson	5.193.500,00	3.768.760,00
Simpson 3/8	5.152.710,00	3.738.720,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	5.160.880,00	3.747.060,00
Volume negativo	0,00	0,00
Diferença (positivo menos negativo)	5.160.880,00	3.747.060,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	10.200,00	10.200,00
Área plana negativa (descendente)	0,00	0,00
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	10.200,00	10.200,00
Área superficial positiva (ascendente)	316.203,00	206.666,00
Área superficial negativa (descendente)	0,00	0,00

TABELA A6.4: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral VN.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,79	315,79
? Y	473,68	473,68
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-90 a 0	-90 a 0
Escala de Z	-1.516,660 a 94,400	-998,621 a 376,865
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	188.640,00	-25.490,10
Simpson	184.602,00	-29.210,30
Simpson 3/8	185.863,00	-30.438,90
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	521.539,00	361.705,00
Volume negativo	332.673,00	387.177,00
Diferença (positivo menos negativo)	188.866,00	-25.472,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	3.782,63	3.468,59
Área plana negativa (descendente)	1.617,37	1.931,41
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	3.782,63	5.400,00
Área superficial positiva (ascendente)	77.248,70	50.957,40
Área superficial negativa (descendente)	62.249,80	60.172,30

TABELA A6.5: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral VC.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	473,684	578,947
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-90 a 0	-110 a 0
Escala de Z	-181,162 a 363,102	-12,026 a 273,929
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	493.263,00	589.471,00
Simpson	493.118,00	589.558,00
Simpson 3/8	495.044,00	590.631,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	546.017,00	589.187,00
Volume negativo	52.671,30	51,73
Diferença (positivo menos negativo)	493.345,70	589.135,27
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	4.458,29	6.598,33
Área plana negativa (descendente)	941,71	167,11
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	5.400,00	6.765,44
Área superficial positiva (ascendente)	51.289,60	29.835,80
Área superficial negativa (descendente)	11.536,30	255,96

TABELA A6.6: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral VS.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	294,737	315,789
? Y	78,474	789,474
Escala de X	4 a 60	0 a 60
Escala de Y	-150 a 0	-150 a 0
Escala de Z	-20,107 a 228,490	-3,499 a 273,310
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	252.790,00	343.421,00
Simpson	252.127,00	342.968,00
Simpson 3/8	253.313,00	343.764,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	272.773,00	343.525,00
Volume negativo	20.083,30	25,97
Diferença (positivo menos negativo)	252.689,70	343.499,03
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	6.188,71	8.854,54
Área plana negativa (descendente)	2.211,29	145,46
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	8.400,00	9.000,00
Área superficial positiva (ascendente)	22.796,30	20.893,30
Área superficial negativa (descendente)	4.236,18	198,59

TABELA A6.7: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral ON.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	316	316
? Y	684	684
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-130 a 0	-130 a 0
Escala de Z	9,855 a 610,794	9,470 a 401,937
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	1.278.970,00	1.070.460,00
Simpson	1.281.710,00	1.072.790,00
Simpson 3/8	1.276.940,00	1.067.860,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	1.278.930,00	1.070.420,00
Volume negativo	0,00	0,00
Diferença (positivo menos negativo)	1.278.930,00	1.070.420,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	7.800,00	7.800,00
Área plana negativa (descendente)	0,00	0,00
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	7.800,00	7.800,00
Área superficial positiva (ascendente)	90.667,30	60.200,70
Área superficial negativa (descendente)	0,00	0,00

TABELA A6.8: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral OC.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	789,474	789,474
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-150 a 0	-150 a 0
Escala de Z	-37,226 a 265,538	8,404 a 269,881
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	352.080,00	409.949,00
Simpson	352.324,00	410.509,00
Simpson 3/8	350.973,00	409.280,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	363.262,00	409.850,00
Volume negativo	11.281,70	0,00
Diferença (positivo menos negativo)	351.980,30	409.850,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	8.337,58	9.000,00
Área plana negativa (descendente)	662,42	0,00
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	9.000,00	9.000,00
Área superficial positiva (ascendente)	28.198,90	25.056,00
Área superficial negativa (descendente)	2.404,00	0,00

TABELA A6.9: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral OS.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	316	316
? Y	947	947
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-180 a 0	-180 a 0
Escala de Z	-128,053 a 219,011	-43,950 a 220,306
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	182.453,00	473.464,00
Simpson	181.118,00	472.450,00
Simpson 3/8	178.533,00	471.214,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	397.346,00	509.263,00
Volume negativo	214.857,00	35.792,50
Diferença (positivo menos negativo)	182.489,00	473.470,50
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	6.889,04	8.885,01
Área plana negativa (descendente)	3.910,96	1.914,99
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	10.800,00	10.800,00
Área superficial positiva (ascendente)	36.574,00	33.810,90
Área superficial negativa (descendente)	21.777,90	6.014,39

TABELA A6.10: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral IN.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	578,947	578,947
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-110 a 0	-110 a 0
Escala de Z	-4,127 a 199,224	-8,206 a 153,537
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	445.819,00	375.835,00
Simpson	444.896,00	374.833,00
Simpson 3/8	447.593,00	377.070,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	445.941,00	376.145,00
Volume negativo	118,87	366,17
Diferença (positivo menos negativo)	445.822,13	375.778,83
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	6.534,66	6.489,20
Área plana negativa (descendente)	653,36	110,80
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	7.188,02	6.600,00
Área superficial positiva (ascendente)	37.771,70	29.723,50
Área superficial negativa (descendente)	109,62	229,13

TABELA A6.11: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral IC.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	631,579	631,579
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-120 a 0	-120 a 0
Escala de Z	-15,264 a 147,708	4,067 a 140,880
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	300.659,00	294.159,00
Simpson	300.730,00	294.043,00
Simpson 3/8	301.339,00	294.768,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	302.598,00	294.048,00
Volume negativo	2.104,09	0,00
Diferença (positivo menos negativo)	300.493,91	294.048,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	6.841,27	7.200,00
Área plana negativa (descendente)	358,73	0,00
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	7.200,00	7.200,00
Área superficial positiva (ascendente)	18.040,30	15.170,20
Área superficial negativa (descendente)	576,55	0,00

TABELA A6.12: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de respiração no ponto amostral IS.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	894,737	894,737
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-170 a 0	-170 a 0
Escala de Z	-12,917 a 90,357	-3,085 a 90,833
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	151.388,00	171.641,00
Simpson	150.659,00	170.615,00
Simpson 3/8	152.497,00	172.641,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	160.618,00	172.130,00
Volume negativo	9.296,61	546,91
Diferença (positivo menos negativo)	151.321,39	171.583,09
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	8.444,08	9.735,80
Área plana negativa (descendente)	1.755,92	464,21
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	10.200,00	10.200,01
Área superficial positiva (ascendente)	16.599,40	17.267,30
Área superficial negativa (descendente)	2.537,56	513,83

Análise dos dados obtidos pelo software Surfer, referente aos parâmetros de produtividade primária líquida estudados antes e após correções e/ou complementação. As Tabelas estão divididas conforme a estação do ano (P = primavera, V = verão, O = outono e I = inverno) e os locais de coleta das amostras (N = norte, C = centro e S = sul).

As informações obtidas correspondem a:

- ΔX – intervalo do eixo x;
- ΔY – intervalo do eixo y;
- Escala de X – valores mínimos e máximos do eixo x;
- Escala de Y – valores mínimos e máximos do eixo y;
- Escala de Z – valores mínimos e máximos do eixo z;
- Volumes determinados através dos métodos de integração numérica:
 - Trapezios;
 - Simpson;
 - Simpson 3/8;
- Volume positivo – acima do eixo z;
- Volume negativo – abaixo do eixo z;
- Diferença - diferença entre o volume positivo e negativo;
- Área plana positiva – área ascendente;
- Área plana negativa – área descendente;
- Área plana horizontal;
- Área plana total – somatório das áreas planas;
- Área superficial positiva – área superficial ascendente;
- Área superficial negativa – áreas superficial descendente.

TABELA A7.1: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária líquida no ponto amostral PN.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	631,579	631,579
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-120 a 0	-120 a 0
Escala de Z	-172,391 a 1.269,4	-132,777 a 1.273,540
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	633.625,00	629.215,00
Simpson	638.641,00	632.964,00
Simpson 3/8	634.616,00	632.611,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	723.661,00	693.008,00
Volume negativo	89.982,10	63.738,10
Diferença (positivo menos negativo)	633.678,90	629.269,90
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	5.721,45	5.907,26
Área plana negativa (descendente)	1.478,55	1.292,74
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	7.200,00	7.200,00
Área superficial positiva (ascendente)	101.437,00	91.120,60
Área superficial negativa (descendente)	21.176,20	17.391,60

TABELA A7.2: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária líquida no ponto amostral PC.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	473,684	473,684
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-90 a 0	-90 a 0
Escala de Z	-193,359 a 527,498	-134,691 a 528,226
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	-105.201,00	-121.045,00
Simpson	-102.997,00	-118.363,00
Simpson 3/8	-105.043,00	-120.387,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	63.107,70	52.294,00
Volume negativo	168.343,00	173.373,00
Diferença (positivo menos negativo)	105.235,30	121.079,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	1.560,44	1.135,40
Área plana negativa (descendente)	3.839,56	4.264,60
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	5.400,00	5.400,00
Área superficial positiva (ascendente)	21.765,30	19.125,70
Área superficial negativa (descendente)	26.168,30	23.804,00

TABELA A7.3: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária líquida no ponto amostral IN.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	578,947	578,947
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-110 a 0	-110 a 0
Escala de Z	-100,678 a 88,1306	-101,193 a 88,1306
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	-81.833,70	-84.192,90
Simpson	-79.764,50	-82.161,30
Simpson 3/8	-83.285,60	-85.661,40
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	55.272,80	53.477,00
Volume negativo	136.898,00	137.462,00
Diferença (positivo menos negativo)	-81.625,20	-83.985,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	2.788,96	2.720,55
Área plana negativa (descendente)	3.811,04	3.879,45
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	6.600,00	6.600,00
Área superficial positiva (ascendente)	11.000,5	10.656,9
Área superficial negativa (descendente)	18.441,2	18.481,4

TABELA A7.4: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária líquida no ponto amostral IC.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	315,789	315,789
? Y	631,579	631,579
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-120 a 0	-120 a 0
Escala de Z	-209,939 a 127,524	-90,6377 a 127,475
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	-216.732,00	-34.237,70
Simpson	-217.461,00	-34.132,40
Simpson 3/8	-219.209,00	-35.613,20
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	84.747,80	74.481,40
Volume negativo	301.230,00	108.469,00
Diferença (positivo menos negativo)	-216.482,20	-33.987,60
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	3.070,32	3.292,27
Área plana negativa (descendente)	4.129,68	3.907,73
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	7.200,00	7.200,00
Área superficial positiva (ascendente)	15.762,60	12.515,00
Área superficial negativa (descendente)	37.004,30	13.950,30

Análise dos dados obtidos pelo software Surfer, referente aos parâmetros de produtividade primária líquida estudados antes e após correções e/ou complementação. As Tabelas estão divididas conforme a estação do ano (P = primavera, V = verão, O = outono e I = inverno) e os locais de coleta das amostras (N = norte, C = centro e S = sul).

As informações obtidas correspondem a:

- ΔX – intervalo do eixo x;
- ΔY – intervalo do eixo y;
- Escala de X – valores mínimos e máximos do eixo x;
- Escala de Y – valores mínimos e máximos do eixo y;
- Escala de Z – valores mínimos e máximos do eixo z;
- Volumes determinados através dos métodos de integração numérica:
 - Trapezios;
 - Simpson;
 - Simpson 3/8;
- Volume positivo – acima do eixo z;
- Volume negativo – abaixo do eixo z;
- Diferença - diferença entre o volume positivo e negativo;
- Área plana positiva – área ascendente;
- Área plana negativa – área descendente;
- Área plana horizontal;
- Área plana total – somatório das áreas planas;
- Área superficial positiva – área superficial ascendente;
- Área superficial negativa – áreas superficial descendente.

TABELA A8.1: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral PN.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	2,500	1,875
? Y	244,898	244,898
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-120 a 0	-120 a 0
Escala de Z	-218,088 a 213,628	-124,480 a 1.491,490
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	65.721,20	858.429,00
Simpson	65.614,70	856.928,00
Simpson 3/8	65.208,30	858.045,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	154.976,00	897.759,00
Volume negativo	89.243,50	39.321,80
Diferença (positivo menos negativo)	65.732,50	858.437,20
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	4.093,20	6.461,02
Área plana negativa (descendente)	3.106,80	738,98
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	7.200,00	7.200,00
Área superficial positiva (ascendente)	24.035,60	105.811,00
Área superficial negativa (descendente)	12.441,00	10.568,80

TABELA A8.2: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral PC.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	1,875	1,875
? Y	183,673	183,673
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-90 a 0	-90 a 0
Escala de Z	-66,517 a 287,432	-21,014 a 696,447
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	93.790,60	380.252,00
Simpson	93.244,30	379.753,00
Simpson 3/8	93.560,00	380.045,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	139.334,00	381.036,00
Volume negativo	45.543,40	784,80
Diferença (positivo menos negativo)	93.790,60	380.251,21
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	3.673,62	5.302,47
Área plana negativa (descendente)	1.726,38	975,31
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	5.400,00	6.277,78
Área superficial positiva (ascendente)	24.844,20	42.973,80
Área superficial negativa (descendente)	9.136,24	568,60

TABELA A8.3: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral PS.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	352,941	1,875
? Y	346,939	183,673
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-170 a 0	-90 a 0
Escala de Z	-8,132 a 203,650	-21,014 a 696,447
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	366.496,00	380.252,00
Simpson	367.101,00	379.753,00
Simpson 3/8	366.639,00	380.045,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	368.064,00	381.036,00
Volume negativo	1.561,19	784,80
Diferença (positivo menos negativo)	366.502,81	380.251,21
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	9.711,62	5.302,47
Área plana negativa (descendente)	488,38	975,31
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	10.200,00	6.277,78
Área superficial positiva (ascendente)	29.094,90	42.973,80
Área superficial negativa (descendente)	713,80	568,60

TABELA A8.4: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral VN.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	1,875	1,875
? Y	183,673	183,673
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-90 a 0	-90 a 0
Escala de Z	-707,764 a 233,234	-1.920,890 a 4.333,290
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	-260.819,00	1.345.880,00
Simpson	-261.522,00	1.345.480,00
Simpson 3/8	-261.447,00	1.345.820,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	183.722,00	1.673.040,00
Volume negativo	444.564,00	327.685,00
Diferença (positivo menos negativo)	-260.842,00	1.345.355,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	2.895,37	3.776,18
Área plana negativa (descendente)	2.504,63	1.623,82
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	5.400,00	5.400,00
Área superficial positiva (ascendente)	30.685,10	238.592,00
Área superficial negativa (descendente)	57.324,30	66.175,10

TABELA A8.5: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral VC.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	1,875	1,875
? Y	22,449	22,449
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-110 a 0	-110 a 0
Escala de Z	-85,682 a 141,509	0,508 a 347,570
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	168.835,00	502.148,00
Simpson	168.748,00	502.106,00
Simpson 3/8	168.777,00	502.321,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	170.949,00	502.063,00
Volume negativo	2.083,97	0,00
Diferença (positivo menos negativo)	168.865,03	502.063,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	6.279,84	6.600,00
Área plana negativa (descendente)	320,16	0,00
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	6.600,00	6.600,00
Área superficial positiva (ascendente)	17.355,90	35.068,40
Área superficial negativa (descendente)	1.252,02	0,00

TABELA A8.6: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral VS.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	1,875	1,875
? Y	306,122	306,122
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-150 a 0	-150 a 0
Escala de Z	-294,462 a 191,660	-1,800 a 244,471
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	39.577,00	461.154,00
Simpson	39.295,70	460.828,00
Simpson 3/8	39.628,20	461.157,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	181.215,00	461.220,00
Volume negativo	141.582,00	413,69
Diferença (positivo menos negativo)	39.633,00	460.806,31
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	4.915,66	8.947,07
Área plana negativa (descendente)	4.084,34	529,30
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	9.000,00	9.476,37
Área superficial positiva (ascendente)	24.857,10	36.850,20
Área superficial negativa (descendente)	20.712,10	64,29

TABELA A8.7: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral ON.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	1,875	1,875
? Y	265,306	265,306
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-130 a 0	-130 a 0
Escala de Z	-102,337 a 293,397	-1,729 a 292,167
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	673.672,00	682.024,00
Simpson	674.372,00	682.406,00
Simpson 3/8	673.858,00	682.273,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	675.769,00	682.044,00
Volume negativo	2.076,90	0,02
Diferença (positivo menos negativo)	673.692,10	682.043,98
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	7.672,46	7.799,97
Área plana negativa (descendente)	127,54	0,03
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	7.800,00	7.800,00
Área superficial positiva (ascendente)	57.611,30	39.103,70
Área superficial negativa (descendente)	2.351,65	0,39

TABELA A8.8: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral OC.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	1,875	1,875
? Y	306,122	306,122
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-150 a 0	-150 a 0
Escala de Z	-58,987 a 213,941	-8,601 a 214,466
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	409.484,00	477.769,00
Simpson	409.577,00	477.717,00
Simpson 3/8	409.622,00	477.977,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	411.741,00	477.758,00
Volume negativo	2.271,07	29,46
Diferença (positivo menos negativo)	411.723,00	477.740,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	8.744,74	8.998,94
Área plana negativa (descendente)	255,26	105,68
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	9.000,00	9.104,62
Área superficial positiva (ascendente)	27.150,80	29.026,30
Área superficial negativa (descendente)	1.511,42	179,78

TABELA A8.9: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral OS.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	1,875	1,875
? Y	367,347	367,347
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-180 a 0	-180 a 0
Escala de Z	-179,143 a 243,014	-45,718 a 243,880
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	-52.574,20	428.551,00
Simpson	-53.265,80	428.138,00
Simpson 3/8	-52.856,90	428.580,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	212.770,00	476.285,00
Volume negativo	265.396,00	47.687,90
Diferença (positivo menos negativo)	-52.626,00	428.597,10
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	5.310,98	8.469,31
Área plana negativa (descendente)	5.489,02	2.330,69
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	10.800,00	10.800,00
Área superficial positiva (ascendente)	32.221,50	39.415,90
Área superficial negativa (descendente)	26.382,40	7.325,04

TABELA A8.10: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral IN.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	1,875	1,875
? Y	22,449	22,449
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-110 a 0	-110 a 0
Escala de Z	-227,620 a 137,468	-21,673 a 167,108
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	148.344,00	291.966,00
Simpson	148.284,00	292.042,00
Simpson 3/8	148.039,00	291.758,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	192.408,00	292.078,00
Volume negativo	43.953,40	76,82
Diferença (positivo menos negativo)	148.454,60	292.001,00
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	5.586,34	6.587,14
Área plana negativa (descendente)	1.013,66	128,65
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	6.600,00	6.715,79
Área superficial positiva (ascendente)	18.022,00	20.052,50
Área superficial negativa (descendente)	7.388,52	163,38

TABELA A8.11: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral IC.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	2,500	2,500
? Y	244,898	244,898
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-120 a 0	-120 a 0
Escala de Z	-87,279 a 150,174	-20,839 a 152,008
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por Z=0		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	35.074,90	260.467,00
Simpson	35.016,60	260.238,00
Simpson 3/8	34.914,90	260.703,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	120.377,00	271.449,00
Volume negativo	85.327,30	10.938,90
Diferença (positivo menos negativo)	35.049,70	260.510,10
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	4.738,51	6.111,72
Área plana negativa (descendente)	2.461,49	1.088,28
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	7.200,00	7.200,00
Área superficial positiva (ascendente)	16.466,10	24.573,90
Área superficial negativa (descendente)	13.598,60	2.790,36

TABELA A8.12: Análise comparativa entre os dados originais e corrigidos de produtividade primária bruta no ponto amostral IS.

PONTOS ANALISADOS		
Situação da análise	Antes da correção	Após correção
SUPERFÍCIE SUPERIOR		
? X	2,500	2,500
? Y	346,939	346,939
Escala de X	0 a 60	0 a 60
Escala de Y	-170 a 0	-170 a 0
Escala de Z	-50,280 a 73,350	-31,193 a 124,290
SUPERFÍCIE INFERIOR		
Nível da superfície inferior definida por $Z=0$		
VOLUMES (Método de cálculo)		
Trapezios	235.435,00	319.833,00
Simpson	235.341,00	319.445,00
Simpson 3/8	235.607,00	319.929,00
VOLUMES (POSITIVOS E NEGATIVOS)		
Volume positivo	236.025,00	320.760,00
Volume negativo	521,24	822,15
Diferença (positivo menos negativo)	235.503,76	319.937,85
ÁREAS		
Área plana positiva (ascendente)	10.139,00	10.053,40
Área plana negativa (descendente)	610,16	146,61
Área plana horizontal	0,00	0,00
Área plana total	10.749,16	10.200,01
Área superficial positiva (ascendente)	17.339,60	23.620,70
Área superficial negativa (descendente)	507,85	398,07

Tabelas com os valores correspondentes ao balanço de massa feito com os dados referentes à Lagoa Itapeva (Cardoso, 2001).

Os parâmetros Z_1 , r_1 , r_2 , r_3 , f_{12} , f_{23} , f_{13} , a_1 , a_2 , Y_3 e a_3 , correspondem aos dados de fluxo conforme descrito nos itens 3.1 e 4.2.6.

Os pontos amostrais estão divididos em estação do ano (P, V, O ou I), local da coleta (N, C ou S), dia de amostragem (1, 2 ou 3), ponto de coleta na coluna d'água (S, M ou F) e horário de coleta (6, 10, 14 ou 18).

TABELA A9.1: Dados do balanço de massa na Lagoa Itapeva.

	Z1	r1	r2	r3	f12	f23	f13	a1	a2	Y3	a3
PN1S6	0,67	23,81	4,17	2,00	34,59	46,97	16,55	74,28	16,04	28,93	32,59
PN1S10	0,74	32,84	2,87	1,05	685,30	932,70	250,27	967,67	433,98	497,67	684,25
PN1S14	0,77	37,46	9,97	4,85	20,82	20,99	10,14	67,65	5,84	10,30	15,97
PN1S18	0,79	22,21	4,76	2,59	5,61	3,91	3,06	30,09	-0,04	1,36	3,02
PN2S6	0,73	26,72	7,88	0,75	231,79	246,07	22,16	279,94	208,88	36,44	231,04
PN2S10	0,77	28,12	13,51	1,32	57,24	49,32	5,59	90,18	50,32	-2,32	55,92
PN2S14	0,87	51,46	22,52	0,71	2,70	19,73	0,09	53,38	1,91	-22,34	41,45
PN2S18	0,90	0,51	0,28	0,03	10,59	11,45	1,14	11,34	9,42	2,00	10,56
PN3S6	0,70	65,70	3,28	0,78	52,10	61,12	12,30	129,40	39,03	21,31	51,33
PN3S10	0,77	136,27	15,64	5,76	44,05	44,63	16,22	195,77	22,06	16,80	38,28
PN3S14	0,71	49,07	10,05	1,82	107,33	116,74	19,46	175,15	86,04	28,87	105,50
PN3S18	0,65	36,20	7,43	1,73	8,39	2,91	1,95	45,89	4,71	-3,52	6,66
PC1S6	0,86	96,43	0,60	0,43	51,68	87,90	36,82	184,07	14,43	73,05	51,25
PC1S10	0,78	52,95	21,12	17,01	341,18	594,93	274,87	668,22	49,29	528,63	324,16
PC1S14	0,91	75,21	9,42	6,43	30,62	42,09	20,89	125,81	3,31	32,35	24,20
PC1S18	0,99	25,97	19,58	3,24	22,01	6,07	3,64	50,63	15,13	-12,30	18,77
PC2S6	0,83	95,83	2,44	0,41	45,54	50,66	7,56	148,10	37,57	12,68	45,13
PC2S10	0,96	131,56	18,46	3,36	23,71	9,57	4,32	158,63	16,03	-9,82	20,35
PC2S14	0,84	57,98	27,51	3,96	75,35	58,69	10,85	143,34	60,53	-5,80	71,38
PC2S18	0,97	41,22	40,73	6,61	86,19	59,46	14,00	140,44	65,58	-12,74	79,58
PC3S6	0,84	29,74	9,72	1,73	64,45	66,22	11,49	104,84	51,22	13,27	62,71
PC3S10	1,07	111,41	34,85	17,29	44,73	32,07	22,19	177,26	5,25	9,53	27,44
PC3S14	0,97	74,54	12,23	2,94	64,90	68,26	15,59	154,06	46,38	18,95	61,96
PC3S18	1,06	31,00	2,74	0,92	23,94	29,29	8,09	61,97	14,93	13,44	23,02
PS1S6	0,82	738,73	321,90	17,45	1022,66	756,18	55,42	1815,99	949,78	-211,05	1005,21
PS1S10	1,13	29,69	19,73	18,38	74,25	123,71	69,19	172,00	-13,32	118,65	55,87
PS1S14	0,78	137,19	96,03	55,31	70,08	14,42	40,37	246,86	-25,59	-15,30	14,78
PS1S18	0,82	11,86	3,25	2,32	9,83	13,60	7,02	27,89	0,49	10,79	7,51
PS2S6	0,84	65,71	30,93	6,26	32,91	8,64	6,66	104,44	19,99	-17,62	26,65
PS2S10	0,82	58,55	23,59	5,04	87,48	82,58	18,69	163,90	63,74	13,80	82,43
PS2S14	0,84	32,03	15,19	3,51	17,81	6,73	4,11	53,11	10,19	-6,96	14,30
PS2S18	0,86	16,22	7,24	1,12	11,53	6,08	1,79	28,68	8,62	-3,66	10,41
PS3S6	0,80	1,85	0,22	0,11	63,24	94,92	31,90	96,19	31,23	63,58	63,13
PS3S10	0,76	6,26	43,01	1,65	90,26	50,71	3,46	99,22	85,16	-36,10	88,62
PS3S14	0,74	8,22	1,64	0,45	61,97	77,32	16,99	86,44	44,54	32,34	61,52
PS3S18	0,83	44,04	8,11	3,75	33,11	40,29	15,29	91,61	14,07	22,48	29,36
PN1M6	0,98	20,80	10,91	5,31	7,63	0,44	3,72	31,17	-1,39	-3,48	2,33
PN1M10	1,06	29,82	4,52	2,42	1145,91	1755,87	614,48	1789,15	529,01	1224,44	1143,49
PN1M14	1,10	26,76	6,86	4,05	4,71	0,64	2,79	33,16	-2,13	-1,29	0,66
PN1M18	1,15	22,96	6,34	3,25	15,64	17,32	8,02	45,47	4,37	9,70	12,39
PN2M6	1,07	14,75	19,23	1,37	222,36	218,96	15,83	251,87	205,16	12,43	220,99
PN2M10	1,11	34,37	7,91	0,67	74,86	73,31	6,36	114,48	67,83	4,81	74,19
PN2M14	1,24	9,59	4,97	0,39	63,81	63,90	5,06	77,22	58,35	5,15	63,41
PN2M18	1,28	12,38	7,19	0,65	1,30	5,77	0,12	12,52	0,54	-6,96	12,20
PN3M6	1,02	143,15	66,70	12,12	108,42	61,42	19,70	270,25	76,59	-27,29	96,29
PN3M10	1,13	191,41	57,22	15,08	148,49	130,41	39,14	377,91	94,26	21,07	133,40
PN3M14	1,04	75,51	22,75	4,18	21,76	3,01	4,00	100,23	13,57	-14,74	17,58
PN3M18	0,96	16,30	3,60	0,66	37,48	40,74	6,86	59,68	29,96	10,13	36,82

TABELA A9.1 (continuação): Dados do balanço de massa na Lagoa Itapeva.

	Z1	r1	r2	r3	f12	f23	f13	a1	a2	Y3	a3
PC1M6	1,15	96,71	17,85	5,07	47,64	43,31	13,52	156,72	29,05	9,19	42,57
PC1M10	1,03	57,41	19,29	14,22	207,65	341,36	153,00	417,03	40,44	286,70	193,44
PC1M14	1,21	2,98	3,33	2,27	37,84	60,31	25,80	65,41	9,78	48,27	35,57
PC1M18	1,31	11,54	1,67	1,55	0,15	1,38	0,14	10,52	-1,54	-1,39	1,36
PC2M6	1,11	193,27	31,84	8,00	93,40	85,04	23,48	309,04	61,93	15,12	85,40
PC2M10	1,28	88,83	12,18	0,83	13,61	2,36	0,93	102,09	11,86	-10,33	12,79
PC2M14	1,11	29,15	53,43	5,56	79,36	34,19	8,26	115,66	65,54	-36,91	73,80
PC2M18	1,29	40,49	39,07	7,48	85,43	62,71	16,35	140,98	61,60	-6,37	77,95
PC3M6	1,12	61,24	10,08	1,77	65,49	66,89	11,48	137,09	52,24	12,88	63,72
PC3M10	1,42	24,81	3,84	1,74	9,12	9,41	4,13	36,64	3,26	4,42	7,39
PC3M14	1,29	74,91	14,63	4,61	30,22	25,12	9,53	113,37	16,09	4,42	25,61
PC3M18	1,41	50,31	7,78	3,80	6,65	2,12	3,25	58,80	-0,39	-1,29	2,86
PS1M6	1,23	603,28	421,09	54,52	955,22	657,81	123,68	1680,95	777,01	-173,72	900,69
PS1M10	1,75	17,23	5,90	4,97	59,63	103,95	50,22	125,33	4,44	94,53	54,66
PS1M14	1,20	119,54	103,31	65,68	49,64	22,11	31,56	199,54	-47,59	-40,19	28,19
PS1M18	1,26	4,35	1,59	1,16	3,63	4,69	2,65	9,37	-0,18	3,71	2,47
PS2M6	1,30	105,70	41,86	15,12	54,37	32,15	19,64	178,41	19,61	-2,58	39,25
PS2M10	1,28	12,81	5,71	0,81	5,14	0,16	0,73	17,40	3,60	-4,25	4,33
PS2M14	1,31	22,18	11,96	2,74	144,47	165,64	33,13	198,47	108,60	54,29	141,73
PS2M18	1,37	39,63	20,49	4,14	17,54	0,60	3,55	59,35	9,86	-13,40	13,40
PS3M6	1,25	100,60	12,33	7,18	34,04	41,54	19,83	153,22	7,03	27,33	26,86
PS3M10	1,19	11,89	37,07	1,31	11,50	25,16	0,41	22,61	9,79	-36,26	60,52
PS3M14	1,17	14,00	1,70	0,56	30,73	39,10	10,07	53,63	20,11	18,43	30,17
PS3M18	1,30	2,16	0,24	0,12	1,22	1,61	0,63	2,71	0,46	1,03	1,09
PN1F6	1,30	26,16	4,83	2,36	3,96	1,07	1,94	30,76	-0,34	-0,95	1,60
PN1F10	1,38	29,31	5,98	1,47	1190,16	1477,20	293,02	1511,11	895,67	580,06	1188,69
PN1F14	1,44	38,86	4,55	3,61	26,30	42,59	20,84	84,56	1,85	37,14	22,69
PN1F18	1,51	24,89	4,67	3,03	12,39	15,75	8,03	43,80	1,32	11,40	9,36
PN2F6	1,41	27,27	7,63	0,45	210,03	214,79	12,39	248,28	197,19	17,15	209,58
PN2F10	1,45	25,65	16,27	1,03	93,68	83,34	5,93	123,81	86,71	-4,40	92,65
PN2F14	1,61	25,06	18,89	1,13	68,66	53,89	4,12	96,23	63,41	-10,65	67,53
PN2F18	1,66	0,19	0,36	0,02	1,81	1,53	0,08	0,42	1,71	-0,20	1,79
PN3F6	1,34	98,18	32,80	3,77	30,04	0,69	3,45	130,33	22,82	-25,89	26,27
PN3F10	1,49	251,45	9,07	1,28	131,13	140,61	18,55	399,64	111,29	28,03	129,84
PN3F14	1,37	46,09	7,69	1,55	31,02	29,57	6,24	81,98	23,22	4,80	29,47
PN3F18	1,26	32,05	4,41	1,60	25,28	30,07	9,20	65,27	14,48	13,98	23,68
PC1F6	1,38	69,17	10,79	2,85	44,10	44,97	11,66	123,55	29,59	12,53	41,25
PC1F10	1,24	69,25	12,71	8,72	335,35	552,75	230,11	633,47	96,53	447,51	326,63
PC1F14	1,45	39,39	24,31	18,86	7,29	11,37	5,65	50,88	-17,23	-13,00	11,15
PC1F18	1,58	69,48	10,80	9,21	2,08	6,94	1,78	71,76	-8,91	-7,25	6,76
PC2F6	1,33	69,14	2,91	0,84	34,37	41,37	9,91	112,09	23,63	16,90	33,54
PC2F10	1,53	94,49	13,87	1,45	25,56	14,37	2,68	121,20	21,43	-8,52	24,11
PC2F14	1,34	42,38	37,65	4,21	79,82	51,10	8,93	129,79	66,67	-19,78	75,61
PC2F18	1,55	36,78	35,59	10,07	80,33	67,47	22,73	138,29	47,54	9,86	70,26
PC3F6	1,35	54,57	15,88	3,09	41,10	33,22	8,00	102,32	30,01	0,12	38,01
PC3F10	1,70	35,81	4,37	2,32	3,49	0,98	1,86	39,46	-0,69	-0,65	1,17
PC3F14	1,54	48,43	7,28	1,84	40,53	43,52	10,27	97,69	28,42	13,26	38,69
PC3F18	1,69	38,54	5,00	2,15	18,67	21,71	8,04	63,56	8,48	11,08	16,52

TABELA A9.1 (continuação): Dados do balanço de massa na Lagoa Itapeva.

	Z1	r1	r2	r3	f12	f23	f13	a1	a2	Y3	a3
PS1F6	1,68	600,82	550,88	24,49	1126,13	625,31	50,06	1775,33	1051,57	-450,75	1101,63
PS1F10	2,44	32,92	7,17	3,13	42,13	53,31	18,35	90,96	20,65	29,54	39,00
PS1F14	1,68	70,77	27,19	20,95	24,04	15,37	18,52	111,65	-15,43	9,85	3,09
PS1F18	1,76	24,11	9,27	7,86	19,92	27,54	16,89	59,16	-4,83	24,51	12,06
PS2F6	1,82	102,99	44,77	10,38	157,44	149,19	36,52	295,13	110,54	28,27	147,06
PS2F10	1,79	56,93	43,49	1,36	46,28	4,24	1,45	102,87	43,46	-40,58	44,91
PS2F14	1,84	77,76	34,48	3,17	19,48	13,21	1,79	97,19	14,51	-30,90	42,73
PS2F18	1,94	20,65	10,69	1,22	5,57	4,48	0,64	24,92	3,71	-9,41	13,30
PS3F6	1,76	212,61	3,08	0,00	145,09	0,00	0,00	355,94	-145,09	173,99	0,00
PS3F10	1,67	8,20	28,84	1,57	25,46	1,99	1,39	33,38	22,50	-26,07	27,88
PS3F14	1,66	0,41	0,03	0,02	38,77	59,88	21,14	58,66	17,62	42,24	38,76
PS3F18	1,83	23,74	4,40	2,12	11,05	11,97	5,32	38,28	3,60	6,25	8,92
VN1S6	0,71	164,58	104,87	104,87	184,72	264,57	184,72	533,31	-104,87	264,57	79,85
VN1S10	0,83	34,14	3,38	3,38	26,98	50,57	26,98	87,26	-3,38	50,57	23,60
VN1S14	0,76	18,11	24,49	24,49	38,27	52,05	38,27	93,89	-24,49	52,05	13,78
VN1S18	1,04	20,76	23,17	23,17	5,01	13,15	5,01	29,74	-23,17	-13,15	8,14
VN2S6	0,77	13,26	26,92	26,92	74,79	122,66	74,79	162,07	-26,92	122,66	47,87
VN2S10	0,89	23,10	53,15	53,15	17,22	18,71	17,22	56,65	-53,15	-18,71	1,49
VN2S14	0,73	19,26	23,92	23,92	86,09	148,25	86,09	190,70	-23,92	148,25	62,16
VN2S18	0,71	0,09	0,12	0,12	1,35	2,58	1,35	2,08	-0,12	2,58	1,23
VN3S6	0,82	33,56	32,77	32,77	30,72	28,67	30,72	94,18	-32,77	28,67	-2,05
VN3S10	0,83	13,43	26,83	26,83	83,37	139,91	83,37	179,34	-26,83	139,91	56,54
VN3S14	1,01	5,91	2,76	2,76	66,69	130,62	66,69	138,28	-2,76	130,62	63,93
VN3S18	0,75	29,86	24,02	24,02	13,44	2,86	13,44	55,99	-24,02	2,86	-10,58
VC1S6	1,41	29,01	25,98	25,98	4,07	17,84	4,07	35,74	-25,98	-17,84	13,77
VC1S10	1,17	41,33	20,82	20,82	66,61	112,39	66,61	173,37	-20,82	112,39	45,78
VC1S14	0,83	39,51	44,53	44,53	44,46	44,39	44,46	127,60	-44,53	44,39	-0,07
VC1S18	1,42	18,28	28,59	28,59	2,53	23,54	2,53	21,91	-28,59	-23,54	21,01
VC2S6	1,33	50,13	74,10	74,10	91,71	109,31	91,71	232,21	-74,10	109,31	17,60
VC2S10	1,56	24,79	31,94	31,94	19,54	7,14	19,54	62,31	-31,94	7,14	-12,40
VC2S14	1,54	11,91	16,25	16,25	16,83	17,41	16,83	44,03	-16,25	17,41	0,58
VC2S18	1,50	8,55	8,63	8,63	8,56	8,48	8,56	24,16	-8,63	8,48	-0,07
VC3S6	1,33	10,07	9,28	9,28	34,33	59,37	34,33	77,39	-9,28	59,37	25,05
VC3S10	1,60	116,95	38,25	38,25	68,53	98,80	68,53	252,40	-38,25	98,80	30,27
VC3S14	2,32	22,27	26,94	26,94	16,41	5,88	16,41	52,77	-26,94	5,88	-10,53
VC3S18	1,31	26,87	14,74	14,74	145,62	276,49	145,62	316,79	-14,74	276,49	130,88
VS1S6	0,78	3,88	5,41	5,41	49,60	93,79	49,60	102,30	-5,41	93,79	44,19
VS1S10	1,10	4,41	6,13	6,13	89,29	172,45	89,29	181,89	-6,13	172,45	83,16
VS1S14	1,91	11,76	1,47	1,47	13,11	24,74	13,11	36,06	-1,47	24,74	11,64
VS1S18	1,65	5,89	4,40	4,40	9,32	14,24	9,32	22,88	-4,40	14,24	4,92
VS2S6	1,05	3,33	5,69	5,69	55,15	104,60	55,15	112,57	-5,69	104,60	49,46
VS2S10	1,07	19,03	17,86	17,86	32,82	47,78	32,82	83,60	-17,86	47,78	14,96
VS2S14	1,08	6,54	9,22	9,22	2,76	3,71	2,76	10,97	-9,22	-3,71	0,96
VS2S18	1,16	0,98	3,62	3,62	0,38	2,86	0,38	0,58	-3,62	-2,86	2,48
VS3S6	1,15	8,68	3,01	3,01	118,88	234,74	118,88	245,28	-3,01	234,74	115,87
VS3S10	1,21	7,32	6,01	6,01	51,25	96,48	51,25	108,60	-6,01	96,48	45,24
VS3S14	1,36	8,63	9,53	9,53	8,28	7,03	8,28	23,83	-9,53	7,03	-1,25

TABELA A9.1 (continuação): Dados do balanço de massa na Lagoa Itapeva.

	Z1	r1	r2	r3	f12	f23	f13	a1	a2	Y3	a3
VS3S18	1,07	6,18	2,66	2,66	5,45	8,24	5,45	16,01	-2,66	8,24	2,79
VN1M6	1,06	33,45	71,29	71,29	67,00	62,71	67,00	166,39	-71,29	62,71	-4,29
VN1M10	1,24	65,92	13,99	13,99	15,88	17,77	15,88	96,44	-13,99	17,77	1,89
VN1M14	1,14	9,99	28,05	28,05	34,68	41,30	34,68	78,20	-28,05	41,30	6,63
VN1M18	1,60	1,82	6,05	6,05	5,51	4,96	5,51	11,23	-6,05	4,96	-0,55
VN2M6	1,10	11,88	88,51	88,51	14,15	60,22	14,15	39,07	-88,51	-60,22	46,07
VN2M10	1,26	12,08	41,04	41,04	12,89	15,27	12,89	36,59	-41,04	-15,27	2,39
VN2M14	1,07	7,06	9,34	9,34	10,58	11,82	10,58	27,15	-9,34	11,82	1,24
VN2M18	1,05	2,41	2,65	2,65	1,59	0,52	1,59	4,53	-2,65	0,52	-1,06
VN3M6	1,15	33,81	10,13	10,13	8,36	6,59	8,36	49,38	-10,13	6,59	-1,77
VN3M10	1,18	16,26	25,42	25,42	75,35	125,28	75,35	165,78	-25,42	125,28	49,93
VN3M14	1,49	4,00	1,92	1,92	1,16	0,39	1,16	4,82	-1,92	0,39	-0,77
VN3M18	1,11	34,97	16,07	16,07	0,20	15,67	0,20	34,26	-16,07	-15,67	15,47
VC1M6	2,15	32,22	70,27	70,27	78,07	85,86	78,07	186,20	-70,27	85,86	7,79
VC1M10	1,80	3,97	8,96	8,96	64,09	119,22	64,09	130,35	-8,96	119,22	55,13
VC1M14	1,28	18,44	40,03	40,03	26,67	13,31	26,67	70,50	-40,03	13,31	-13,36
VC1M18	2,18	4,22	7,80	7,80	9,14	10,47	9,14	20,31	-7,80	10,47	1,34
VC2M6	2,03	20,12	53,96	53,96	32,96	11,95	32,96	84,00	-53,96	11,95	-21,01
VC2M10	2,38	8,92	6,23	6,23	8,21	10,19	8,21	22,96	-6,23	10,19	1,98
VC2M14	2,34	6,37	10,83	10,83	6,82	2,80	6,82	17,66	-10,83	2,80	-4,02
VC2M18	2,29	10,49	8,15	8,15	12,19	16,23	12,19	32,58	-8,15	16,23	4,04
VC3M6	2,08	35,91	27,56	27,56	30,50	33,44	30,50	94,83	-27,56	33,44	2,94
VC3M10	2,50	163,01	26,46	26,46	105,13	183,80	105,13	370,77	-26,46	183,80	78,67
VC3M14	3,60	24,65	25,75	25,75	18,51	11,27	18,51	58,07	-25,75	11,27	-7,24
VC3M18	2,02	18,02	19,16	19,16	9,70	0,24	9,70	35,40	-19,16	0,24	-9,46
VS1M6	1,24	9,25	11,87	11,87	21,00	30,13	21,00	50,01	-11,87	30,13	9,13
VS1M10	1,76	1,30	1,87	1,87	4,41	6,94	4,41	8,35	-1,87	6,94	2,54
VS1M14	3,05	1,78	0,89	0,89	9,41	17,92	9,41	17,54	-0,89	17,92	8,51
VS1M18	2,60	9,64	11,67	11,67	6,89	2,10	6,89	20,81	-11,67	2,10	-4,78
VS2M6	1,66	5,96	9,70	9,70	54,98	100,25	54,98	114,25	-9,70	100,25	45,27
VS2M10	1,71	11,04	5,72	5,72	7,14	8,55	7,14	23,60	-5,72	8,55	1,42
VS2M14	1,71	15,58	8,70	8,70	11,38	14,06	11,38	36,63	-8,70	14,06	2,68
VS2M18	1,82	13,26	9,86	9,86	0,62	8,62	0,62	12,68	-9,86	-8,62	8,00
VS3M6	1,87	32,92	26,39	26,39	42,82	59,24	42,82	116,68	-26,39	59,24	16,42
VS3M10	1,96	6,67	4,69	4,69	29,55	54,40	29,55	63,80	-4,69	54,40	24,86
VS3M14	2,16	12,28	6,58	6,58	3,28	0,02	3,28	16,68	-6,58	-0,02	-3,26
VS3M18	1,72	0,48	0,43	0,43	1,05	1,67	1,05	0,86	-0,43	1,67	0,62
VN1F6	1,34	76,77	99,83	99,83	46,26	7,31	46,26	167,95	-99,83	-7,31	-38,95
VN1F10	1,58	46,12	15,59	15,59	37,15	58,70	37,15	118,83	-15,59	58,70	21,56
VN1F14	1,44	0,09	0,23	0,23	9,28	18,32	9,28	17,20	-0,23	18,32	9,05
VN1F18	2,05	2,65	3,39	3,39	2,75	2,10	2,75	6,09	-3,39	2,10	-0,64
VN2F6	1,43	16,51	41,24	41,24	20,60	0,05	20,60	56,27	-41,24	-0,05	-20,55
VN2F10	1,62	26,07	26,94	26,94	3,62	19,70	3,62	31,69	-26,94	-19,70	16,08
VN2F14	1,41	7,12	13,17	13,17	1,44	10,29	1,44	8,59	-13,17	-10,29	8,85
VN2F18	1,38	19,32	23,18	23,18	18,58	13,97	18,58	55,09	-23,18	13,97	-4,61
VN3F6	1,49	118,41	46,94	46,94	63,81	80,68	63,81	244,54	-46,94	80,68	16,87
VN3F10	1,54	25,31	20,89	20,89	579,00	1137,11	579,00	1181,77	-20,89	1137,11	558,11
VN3F14	1,98	33,43	12,79	12,79	1,91	8,97	1,91	35,27	-12,79	-8,97	7,06

TABELA A9.1 (continuação): Dados do balanço de massa na Lagoa Itapeva.

	Z1	r1	r2	r3	f12	f23	f13	a1	a2	Y3	a3
VN3F18	1,47	7,42	1,56	1,56	0,59	0,39	0,59	7,12	-1,56	-0,39	-0,19
VC1F6	2,77	79,07	72,65	72,65	111,65	150,65	111,65	299,60	-72,65	150,65	39,00
VC1F10	2,32	32,96	26,86	26,86	15,21	3,55	15,21	61,05	-26,86	3,55	-11,66
VC1F14	1,65	65,08	161,00	161,00	193,42	225,84	193,42	450,27	-161,00	225,84	32,42
VC1F18	2,81	0,20	0,14	0,14	1,65	3,15	1,65	0,68	-0,14	3,15	1,51
VC2F6	2,61	71,22	26,59	26,59	35,52	44,45	35,52	139,65	-26,59	44,45	8,93
VC2F10	3,06	4,46	4,69	4,69	5,42	6,14	5,42	12,23	-4,69	6,14	0,73
VC2F14	3,01	15,23	26,05	26,05	31,04	36,02	31,04	74,29	-26,05	36,02	4,98
VC2F18	2,95	6,33	3,32	3,32	2,16	0,99	2,16	7,69	-3,32	0,99	-1,16
VC3F6	2,70	45,79	22,62	22,62	89,08	155,54	89,08	221,25	-22,62	155,54	66,46
VC3F10	3,25	73,06	18,24	18,24	23,52	28,80	23,52	116,85	-18,24	28,80	5,28
VC3F14	4,67	32,08	22,03	22,03	46,44	70,84	46,44	120,28	-22,03	70,84	24,40
VC3F18	2,61	4,00	3,00	3,00	3,57	4,13	3,57	8,52	-3,00	4,13	0,56
VS1F6	1,76	9,76	39,07	39,07	12,17	14,74	12,17	32,33	-39,07	-14,74	2,58
VS1F10	2,51	18,56	26,23	26,23	11,24	3,75	11,24	38,53	-26,23	-3,75	-7,49
VS1F14	4,36	69,70	14,91	14,91	32,48	50,05	32,48	130,30	-14,91	50,05	17,57
VS1F18	3,69	29,73	29,08	29,08	6,08	16,93	6,08	38,19	-29,08	-16,93	10,86
VS2F6	2,36	9,47	18,59	18,59	19,51	20,43	19,51	46,13	-18,59	20,43	0,92
VS2F10	2,44	74,25	50,09	50,09	82,50	114,91	82,50	236,81	-50,09	114,91	32,41
VS2F14	2,42	208,61	35,26	35,26	67,84	100,42	67,84	341,87	-35,26	100,42	32,58
VS2F18	2,57	13,29	12,05	12,05	16,98	21,90	16,98	44,67	-12,05	21,90	4,93
VS3F6	2,70	37,22	25,34	25,34	10,07	5,20	10,07	54,66	-25,34	-5,20	-4,87
VS3F10	2,82	44,84	21,53	21,53	80,94	140,34	80,94	203,89	-21,53	140,34	59,41
VS3F14	3,08	15,76	8,56	8,56	12,07	15,57	12,07	36,81	-8,56	15,57	3,50
VS3F18	2,45	8,59	2,71	2,71	6,30	9,89	6,30	18,74	-2,71	9,89	3,59
ON1S6	0,31	57,02	48,10	0,61	2,90	45,16	0,04	59,65	2,25	-48,02	92,61
ON1S10	0,21	41,16	28,32	4,47	56,05	36,57	8,84	105,84	42,74	-10,64	51,58
ON1S14	0,53	70,97	91,94	3,77	28,96	61,79	1,19	100,59	24,01	-89,57	148,78
ON1S18	0,63	10,67	9,48	0,90	16,35	8,43	1,56	27,95	13,89	-6,36	15,45
ON2S6	0,80	77,67	13,10	4,36	26,82	22,64	8,92	112,61	13,54	4,74	22,46
ON2S10	0,69	44,06	45,35	19,48	4,90	38,35	2,10	50,37	-16,69	-41,15	62,12
ON2S14	0,68	52,59	35,42	8,79	24,51	4,83	6,08	82,50	9,63	-23,25	25,37
ON2S18	0,77	4,63	2,88	1,17	7,01	6,99	2,86	13,73	2,98	2,83	5,84
ON3S6	1,21	89,30	26,15	6,38	85,30	79,95	20,80	194,19	58,13	15,44	78,92
ON3S10	0,80	8,43	1,70	0,57	38,14	49,11	12,67	58,44	24,90	23,64	37,57
ON3S14	1,23	9,18	1,18	0,34	39,39	49,63	11,42	58,76	27,62	21,66	39,05
ON3S18	1,26	14,02	2,21	0,65	3,56	2,39	1,04	17,36	1,86	-0,12	2,91
OC1S6	0,33	22,83	48,65	6,97	3,78	44,33	0,54	26,82	-3,73	-47,57	85,47
OC1S10	0,24	62,43	42,43	3,56	71,33	34,89	5,99	139,51	61,78	-30,45	67,77
OC1S14	0,39	42,85	33,90	4,88	22,95	7,64	3,31	68,72	14,76	-27,29	33,36
OC1S18	0,56	33,24	32,79	5,32	10,87	20,15	1,77	45,32	3,78	-29,26	45,85
OC2S6	0,16	55,92	12,50	2,93	102,72	114,31	24,09	182,57	75,70	35,67	99,79
OC2S10	0,16	7,71	3,21	0,33	48,93	50,80	5,08	61,56	43,52	6,94	48,60
OC2S14	0,55	61,23	6,95	3,17	93,23	128,82	42,54	196,45	47,51	78,13	90,06
OC2S18	0,63	11,99	1,91	1,08	2,26	1,62	1,27	14,89	-0,09	0,63	1,18
OC3S6	0,91	184,89	83,32	16,50	53,91	18,73	10,68	248,57	26,73	-61,97	74,87
OC3S10	1,06	10,36	6,78	1,58	8,28	3,44	1,94	19,52	4,77	-2,91	6,70
OC3S14	1,07	17,70	0,79	0,23	7,93	9,43	2,29	26,85	5,42	3,79	7,71

TABELA A9.1 (continuação): Dados do balanço de massa na Lagoa Itapeva.

	Z1	r1	r2	r3	f12	f23	f13	a1	a2	Y3	a3
OC3S18	1,07	7,00	3,53	0,79	3,95	1,30	0,88	10,76	2,28	-1,77	3,16
OS1S6	0,38	38,30	9,89	6,72	35,93	50,43	24,39	98,24	4,82	38,89	29,21
OS1S10	0,23	26,22	2,05	1,22	19,13	28,50	11,42	56,54	6,49	20,78	17,91
OS1S14	0,38	106,45	33,11	20,77	57,15	59,89	35,85	199,07	0,52	38,59	36,38
OS1S18	0,38	12,88	4,09	1,00	10,31	8,73	2,51	25,32	6,81	0,92	9,32
OS2S6	0,63	43,91	8,46	2,54	86,68	104,25	26,03	155,99	58,11	43,61	84,14
OS2S10	0,63	7,06	6,16	1,01	33,49	32,81	5,48	45,40	26,99	4,81	32,48
OS2S14	0,62	44,91	7,47	2,52	46,35	54,54	15,66	106,30	28,17	23,84	43,83
OS2S18	0,70	40,24	10,23	4,44	29,10	31,49	12,62	81,26	12,05	15,00	24,67
OS3S6	0,78	61,61	11,84	6,05	20,19	18,67	10,32	91,34	3,83	8,79	14,15
OS3S10	1,15	43,41	5,08	2,30	3,66	0,23	1,65	47,57	-0,30	-1,77	1,36
OS3S14	1,24	31,63	17,03	2,13	4,72	11,72	0,59	35,70	2,00	-15,85	26,04
OS3S18	1,18	6,69	1,90	0,42	2,25	0,85	0,50	8,26	1,32	-0,90	1,82
ON1M6	0,41	105,32	356,54	1,07	222,10	133,77	0,67	327,68	220,36	-355,20	488,56
ON1M10	0,28	104,52	53,76	5,22	133,10	92,26	12,92	250,26	114,97	-27,93	127,89
ON1M14	0,69	44,66	117,71	4,31	28,62	88,04	1,05	73,64	23,26	-115,61	200,39
ON1M18	0,83	94,04	56,53	3,95	24,43	30,39	1,71	119,35	18,77	-53,11	81,26
ON2M6	1,07	121,72	19,17	7,56	123,46	152,95	48,66	292,77	67,24	78,15	115,90
ON2M10	0,92	73,27	81,69	37,81	127,42	104,71	58,98	258,75	30,64	36,26	89,61
ON2M14	0,91	21,02	33,25	12,94	48,00	33,43	18,68	86,79	16,37	4,12	35,05
ON2M18	1,03	3,39	1,00	0,27	1,00	0,26	0,26	3,62	0,47	-0,48	0,73
ON3M6	1,62	21,74	5,29	2,31	19,80	23,17	8,66	48,58	8,82	12,03	17,48
ON3M10	1,07	12,13	2,50	0,57	3,71	2,05	0,84	15,61	2,30	-0,81	3,14
ON3M14	1,66	12,37	2,22	0,60	3,58	2,33	0,97	15,26	2,01	-0,29	2,98
ON3M18	1,69	3,71	0,62	0,20	18,42	23,83	6,03	26,47	12,19	11,44	18,22
OC1M6	0,49	25,22	30,60	2,76	15,12	14,11	1,37	41,22	11,00	-27,87	40,59
OC1M10	0,36	24,07	18,47	1,94	51,07	37,95	5,35	80,13	43,78	-7,76	49,13
OC1M14	0,59	22,15	31,15	3,23	31,74	3,88	3,29	56,59	25,21	-24,56	28,51
OC1M18	0,84	7,55	7,30	1,37	6,91	0,91	1,30	14,92	4,24	-4,71	5,54
OC2M6	0,24	127,22	19,25	4,79	53,67	47,77	13,35	194,00	35,53	7,45	48,88
OC2M10	0,24	21,61	10,28	1,53	35,24	30,20	5,24	61,85	28,46	0,20	33,71
OC2M14	0,83	10,98	1,47	0,75	23,82	34,42	12,07	46,04	11,01	22,66	23,08
OC2M18	0,95	5,64	2,12	0,61	2,19	0,70	0,63	7,51	0,94	-0,85	1,57
OC3M6	1,40	38,08	12,15	2,75	12,09	2,68	2,74	51,51	6,61	-6,67	9,34
OC3M10	1,63	18,42	4,82	1,83	11,83	11,51	4,50	33,12	5,50	4,17	10,00
OC3M14	1,63	19,26	4,30	1,50	12,10	12,03	4,23	33,96	6,36	4,16	10,59
OC3M18	1,63	4,21	2,40	1,04	5,34	5,26	2,32	10,24	1,98	2,24	4,30
OS1M6	0,62	2,58	0,33	0,27	9,92	17,66	8,07	19,95	1,59	15,80	9,65
OS1M10	0,37	15,96	2,61	1,84	85,02	142,53	60,12	160,73	23,05	117,63	83,17
OS1M14	0,61	137,10	13,60	6,70	59,24	74,80	29,16	224,89	23,38	44,72	52,54
OS1M18	0,62	6,69	1,12	0,31	0,09	1,01	0,02	6,18	-0,25	-1,08	1,80
OS2M6	1,01	168,75	26,01	8,87	114,21	127,14	38,94	320,89	66,41	51,86	105,35
OS2M10	1,01	30,76	16,66	6,99	0,48	15,98	0,20	30,43	-6,71	-16,26	25,46
OS2M14	1,00	27,62	4,30	2,43	19,75	26,63	11,18	57,55	6,13	18,06	17,31
OS2M18	1,14	13,86	0,50	0,09	1,18	0,89	0,21	14,11	0,87	-0,07	1,08
OS3M6	1,26	215,40	18,43	10,18	14,88	4,66	8,21	237,23	-3,51	-2,01	4,70
OS3M10	1,87	16,06	2,94	1,31	3,98	2,82	1,78	19,95	0,89	0,61	2,67
OS3M14	2,01	17,04	2,90	0,38	5,10	2,86	0,66	20,79	4,06	-1,58	4,72

TABELA A9.1 (continuação): Dados do balanço de massa na Lagoa Itapeva.

	Z1	r1	r2	r3	f12	f23	f13	a1	a2	Y3	a3
OS3M18	1,90	51,75	18,98	4,94	16,20	1,43	4,21	70,26	7,05	-10,55	11,26
ON1F6	0,53	55,71	73,98	0,36	74,39	0,77	0,36	129,93	73,67	-73,26	74,03
ON1F10	0,36	148,17	63,55	6,15	150,16	101,14	14,53	312,50	129,48	-34,50	144,01
ON1F14	0,89	78,27	95,16	3,04	81,43	11,13	2,60	161,41	75,80	-89,97	100,66
ON1F18	1,06	13,72	7,95	0,58	2,49	5,28	0,18	15,33	1,72	-7,59	12,47
ON2F6	1,38	256,47	124,16	54,07	120,74	49,16	52,58	428,41	14,08	-18,99	66,66
ON2F10	1,20	55,11	31,45	19,29	63,73	71,37	39,09	156,73	5,35	46,73	44,44
ON2F14	1,17	30,40	21,19	8,45	23,69	11,95	9,45	62,37	5,79	-2,29	15,24
ON2F18	1,34	36,79	16,21	4,73	23,16	13,70	6,75	65,36	11,69	-2,72	18,43
ON3F6	2,09	38,67	12,45	2,69	23,08	15,63	5,00	64,66	15,39	-2,46	20,39
ON3F10	1,38	21,54	8,67	2,64	20,58	18,17	6,26	47,00	11,68	3,86	17,94
ON3F14	2,16	17,88	2,21	0,58	21,28	24,63	5,56	42,56	15,14	8,91	20,70
ON3F18	2,20	13,12	3,01	0,87	0,22	2,73	0,06	11,20	-0,71	-2,88	4,81
OC1F6	0,64	76,61	54,43	7,77	27,66	22,82	3,95	107,58	15,94	-46,54	65,54
OC1F10	0,46	4,36	9,98	1,54	13,76	5,90	2,12	19,78	10,10	-5,74	12,22
OC1F14	0,77	26,23	22,33	2,43	4,62	17,21	0,50	30,58	1,69	-21,32	36,60
OC1F18	1,09	8,36	9,50	2,29	0,87	8,42	0,21	8,35	-1,63	-9,08	15,42
OC2F6	0,31	1,64	0,59	0,14	7,76	8,97	1,80	10,89	5,82	3,00	7,62
OC2F10	0,31	22,73	9,28	2,20	28,57	26,05	6,76	57,75	19,62	4,24	26,38
OC2F14	1,08	19,12	1,94	1,54	49,59	87,12	39,47	107,10	8,57	77,01	48,04
OC2F18	1,24	9,07	4,11	1,15	6,53	4,24	1,82	16,18	3,56	-0,47	5,38
OC3F6	1,83	31,24	17,93	4,55	18,46	5,22	4,69	52,56	9,22	-8,55	13,91
OC3F10	2,13	7,67	17,34	2,66	16,09	1,22	2,47	24,10	10,96	-12,40	13,43
OC3F14	2,13	13,66	12,63	1,38	16,74	5,93	1,82	30,09	13,54	-8,98	15,36
OC3F18	2,13	16,82	5,25	1,65	3,73	0,34	1,18	19,60	0,91	-2,89	2,75
OS1F6	0,86	4,02	68,45	1,14	14,80	53,40	0,25	18,21	13,42	-67,96	120,47
OS1F10	0,51	85,36	10,86	8,52	53,96	85,40	42,30	181,11	3,15	73,73	45,45
OS1F14	0,85	38,72	9,90	5,38	37,11	47,36	20,15	95,13	11,59	30,39	31,74
OS1F18	0,86	69,14	16,63	1,63	21,80	7,30	2,13	92,21	18,03	-12,36	20,17
OS2F6	1,40	99,03	21,02	10,59	28,66	22,08	14,44	140,73	3,63	7,86	18,07
OS2F10	1,40	65,52	6,73	4,88	31,77	48,09	23,05	118,94	3,84	39,36	26,89
OS2F14	1,38	74,27	13,33	6,00	19,02	14,26	8,57	100,48	4,45	3,81	13,02
OS2F18	1,57	32,34	6,72	2,59	20,25	21,35	7,82	58,84	9,85	8,91	17,66
OS3F6	1,75	160,71	45,05	21,04	13,38	25,42	6,25	178,59	-13,91	-32,55	43,18
OS3F10	2,59	91,87	12,62	4,79	40,56	43,34	15,40	145,24	20,37	18,18	35,77
OS3F14	2,78	86,17	21,35	1,76	51,71	34,61	4,25	139,35	45,70	-12,85	49,95
OS3F18	2,62	26,27	3,92	0,40	0,17	3,73	0,02	23,84	-0,25	-3,88	7,23
IN1S6	1,93	4,92	1,54	0,17	58,08	63,03	6,49	67,56	51,42	11,44	57,91
IN1S10	2,34	14,30	11,17	0,41	99,94	92,40	3,63	115,53	95,91	-3,92	99,54
IN1S14	1,07	121,72	19,17	7,56	123,46	152,95	48,66	292,77	67,24	78,15	115,90
IN1S18	0,92	73,27	81,69	37,81	127,42	104,71	58,98	258,75	30,64	36,26	89,61
IN2S6	0,91	21,02	33,25	12,94	48,00	33,43	18,68	86,79	16,37	4,12	35,05
IN2S10	1,03	3,39	1,00	0,27	1,00	0,26	0,26	3,62	0,47	-0,48	0,73
IN2S14	0,78	52,95	21,12	17,01	341,18	594,93	274,87	668,22	49,29	528,63	324,16
IN2S18	0,91	75,21	9,42	6,43	30,62	42,09	20,89	125,81	3,31	32,35	24,20
IN3S6	0,99	25,97	19,58	3,24	22,01	6,07	3,64	50,63	15,13	-12,30	18,77
IN3S10	0,83	95,83	2,44	0,41	45,54	50,66	7,56	148,10	37,57	12,68	45,13

TABELA A9.1 (continuação): Dados do balanço de massa na Lagoa Itapeva.

	Z1	r1	r2	r3	f12	f23	f13	a1	a2	Y3	a3
IN3S14	1,12	18,46	6,51	1,69	41,84	46,23	10,90	70,08	29,25	15,29	40,15
IN3S18	1,32	21,65	1,83	0,72	17,16	22,06	6,73	44,22	9,70	11,63	16,44
IC1S6	1,74	73,36	14,96	1,08	53,00	41,85	3,81	128,43	48,11	-7,33	51,92
IC1S10	1,54	46,94	10,15	1,03	25,02	17,41	2,54	72,96	21,46	-5,07	24,00
IC1S14	1,48	7,41	3,37	0,62	0,29	3,03	0,05	6,27	-0,39	-3,26	5,72
IC1S18	1,62	39,38	17,02	2,33	1,50	15,31	0,21	39,47	-1,03	-16,61	29,80
IC2S6	1,82	46,92	2,29	1,13	31,68	44,99	15,60	92,38	14,96	28,90	30,56
IC2S10	1,75	54,13	1,35	0,49	72,71	97,88	26,52	151,61	45,70	51,69	72,22
IC2S14	1,41	51,69	5,19	2,33	23,43	28,77	10,53	84,24	10,58	15,86	21,10
IC2S18	1,29	41,78	10,95	6,19	13,19	9,70	7,46	61,14	-0,46	3,97	7,00
IC3S6	1,15	5,25	1,11	0,36	68,85	90,32	22,58	95,53	45,90	44,06	68,48
IC3S10	0,94	15,29	2,13	1,22	3,22	2,93	1,84	19,41	0,16	1,55	2,00
IC3S14	1,28	16,12	1,92	0,60	3,85	3,14	1,21	19,90	2,04	0,50	3,25
IC3S18	1,28	20,78	1,97	0,66	6,09	6,16	2,04	27,63	3,38	2,12	5,43
IS1S6	1,51	14,42	1,58	0,91	68,07	105,80	39,31	120,29	27,86	77,03	67,16
IS1S10	1,54	10,62	2,54	1,36	63,06	94,39	33,87	106,01	27,84	65,20	61,70
IS1S14	1,40	14,98	4,13	2,07	36,46	50,59	18,26	68,30	16,13	32,39	34,39
IS1S18	1,27	11,88	2,55	1,66	5,51	6,54	3,58	19,70	0,27	4,61	3,85
IS2S6	1,12	10,89	2,24	0,92	79,20	109,50	32,54	121,51	45,74	62,85	78,28
IS2S10	1,33	10,48	2,90	1,00	22,43	27,26	7,73	39,31	13,70	12,56	21,43
IS2S14	1,58	0,14	0,02	0,01	26,85	39,47	12,64	38,05	14,20	25,26	26,84
IS2S18	1,34	10,88	1,03	0,55	4,48	5,82	2,37	16,39	1,57	3,71	3,93
IS3S6	1,03	12,35	1,30	0,83	45,46	73,18	29,02	85,80	15,60	56,75	44,62
IS3S10	1,47	16,40	3,24	1,51	12,47	15,06	5,83	33,23	5,12	8,43	10,95
IS3S14	1,20	15,36	4,64	1,16	14,64	13,66	3,66	32,46	9,83	2,67	13,49
IS3S18	1,28	0,19	0,25	0,03	5,90	6,41	0,76	5,57	5,10	1,27	5,87
IN1M6	2,56	141,96	39,97	1,36	115,14	79,09	3,92	258,46	109,85	-32,13	113,78
IN1M10	3,09	1,27	6,94	0,00	2,06	4,88	0,00	0,24	2,06	-6,94	11,82
IN1M14	2,70	20,18	7,11	0,79	13,85	8,27	1,53	32,86	11,53	-4,05	13,06
IN1M18	2,43	4,17	1,07	0,32	7,49	8,68	2,26	11,49	4,91	3,45	7,17
IN2M6	2,25	6,16	1,26	0,66	18,42	26,73	9,57	31,90	8,18	17,88	17,76
IN2M10	1,88	32,61	2,42	0,95	99,93	136,56	39,05	169,71	59,94	75,67	98,99
IN2M14	1,95	175,94	12,22	5,37	103,14	136,21	45,29	322,42	52,48	78,36	97,77
IN2M18	1,83	23,86	4,06	2,00	36,37	50,24	17,93	76,33	16,43	31,81	34,36
IN3M6	2,32	19,58	3,04	1,25	24,03	30,88	9,89	51,18	12,88	16,75	22,77
IN3M10	2,42	8,06	0,46	0,16	5,65	7,17	1,98	13,27	3,51	3,50	5,49
IN3M14	1,54	6,41	1,63	0,64	5,49	6,00	2,14	12,50	2,71	2,66	4,85
IN3M18	1,80	13,93	1,89	0,82	5,11	5,43	2,21	19,45	2,08	2,53	4,29
IC1M6	2,54	24,21	12,78	1,06	46,87	37,98	3,89	72,43	41,93	-5,01	45,82
IC1M10	2,24	50,39	12,02	1,22	80,02	76,15	8,15	136,32	70,65	4,28	78,80
IC1M14	2,15	2,55	8,00	0,85	0,96	6,94	0,10	1,46	0,01	-7,80	13,99
IC1M18	2,35	48,37	9,13	1,23	0,50	8,56	0,07	46,59	-0,80	-8,99	16,39

TABELA A9.1 (continuação): Dados do balanço de massa na Lagoa Itapeva.

	Z1	r1	r2	r3	f12	f23	f13	a1	a2	Y3	a3
IC2M6	2,64	12,71	1,46	0,93	14,13	21,71	9,04	33,24	4,17	16,62	13,20
IC2M10	2,54	26,81	0,98	0,43	17,68	24,40	7,70	49,65	9,55	14,42	17,25
IC2M14	2,04	101,33	20,61	10,88	66,59	81,15	35,17	201,05	20,54	49,73	55,71
IC2M18	1,87	17,28	1,82	0,60	14,67	17,73	4,88	34,96	9,19	7,94	14,07
IC3M6	1,67	6,81	0,50	0,20	33,50	46,82	13,82	52,46	19,47	27,15	33,29
IC3M10	1,37	8,30	0,43	0,35	28,15	50,30	22,58	57,66	5,23	44,72	27,80
IC3M14	1,87	15,91	2,21	0,79	37,38	48,52	13,35	64,77	23,24	24,50	36,59
IC3M18	1,86	2,11	0,30	0,11	2,08	2,54	0,76	3,09	1,22	1,21	1,97
IS1M6	2,45	0,88	0,14	0,08	33,35	51,24	18,03	49,81	15,25	35,91	33,28
IS1M10	2,53	19,35	4,60	1,99	21,13	25,66	9,13	47,08	10,01	13,66	19,14
IS1M14	2,33	44,70	13,23	7,32	25,32	26,09	14,00	81,69	4,01	14,77	18,01
IS1M18	2,11	4,96	1,35	0,88	4,31	5,77	2,81	9,97	0,62	4,27	3,43
IS2M6	1,79	16,42	3,14	1,04	55,47	70,71	18,38	88,48	36,05	33,62	54,43
IS2M10	2,13	1,33	0,24	0,10	19,13	26,60	7,71	26,04	11,32	15,19	19,03
IS2M14	2,52	78,69	12,73	5,22	65,84	80,12	27,01	169,02	33,62	41,29	60,62
IS2M18	2,15	4,48	0,57	0,22	6,54	8,49	2,52	11,39	3,80	4,46	6,32
IS3M6	1,66	5,86	0,53	0,38	23,81	40,06	16,78	44,79	6,65	33,03	23,43
IS3M10	2,36	22,41	2,81	1,36	37,66	53,05	18,20	75,91	18,11	33,58	36,30
IS3M14	1,90	18,81	2,68	0,33	49,68	53,18	6,18	72,77	43,16	9,69	49,34
IS3M18	2,03	3,00	1,91	0,19	7,04	5,82	0,69	8,70	6,16	-0,53	6,85
IN1F6	3,08	12,47	53,90	1,58	11,66	41,90	0,34	21,39	9,73	-53,22	93,88
IN1F10	3,71	0,37	4,46	0,20	13,16	9,30	0,60	10,42	12,35	-3,26	12,95
IN1F14	3,24	15,20	12,60	0,28	1,58	10,99	0,03	13,57	1,26	-12,53	23,28
IN1F18	2,92	7,44	1,44	0,37	3,87	3,43	1,00	9,39	2,49	0,56	3,50
IN2F6	2,74	8,29	0,66	0,23	2,09	2,15	0,72	8,36	1,13	0,79	1,86
IN2F10	2,28	11,58	1,50	0,31	29,30	33,79	5,99	44,59	23,00	10,48	28,99
IN2F14	2,38	79,49	12,39	1,22	32,03	22,79	3,15	112,29	27,65	-6,08	30,81
IN2F18	2,23	0,78	0,28	0,04	8,60	9,42	1,10	8,25	7,47	1,92	8,57
IN3F6	2,84	18,40	4,83	1,11	1,78	2,64	0,41	17,75	0,26	-4,02	5,96
IN3F10	2,96	30,29	0,66	0,29	9,44	12,97	4,19	40,96	4,95	7,73	9,14
IN3F14	1,89	18,73	12,01	0,50	13,09	1,62	0,54	30,47	12,05	-10,92	12,59
IN3F18	2,20	40,23	5,79	2,50	25,27	30,37	10,89	74,19	11,89	15,98	22,78
IC1F6	3,33	38,70	90,66	11,52	80,42	0,02	10,22	126,01	58,69	-70,23	68,96
IC1F10	2,95	46,77	19,84	2,17	3,84	15,58	0,42	48,08	1,25	-19,00	32,82
IC1F14	2,82	4,31	5,90	1,20	0,96	4,74	0,20	2,65	-0,43	-5,51	9,25
IC1F18	3,09	41,13	15,48	2,12	3,62	11,36	0,50	42,16	1,01	-14,49	24,23
IC2F6	3,47	22,07	1,78	1,28	3,21	3,73	2,30	24,11	-0,38	2,83	1,92
IC2F10	3,33	3,27	0,21	0,09	25,58	36,27	10,90	36,42	14,58	21,60	25,49
IC2F14	2,68	71,14	8,83	3,70	11,13	6,96	4,66	84,25	2,77	0,50	7,43
IC2F18	2,45	44,42	10,52	3,98	7,25	0,52	2,75	51,97	0,52	-5,02	4,30
IC3F6	2,19	11,54	1,76	0,75	5,75	6,43	2,44	17,54	2,56	3,13	5,00
IC3F10	1,80	8,09	0,53	0,45	75,52	139,03	64,04	145,85	11,03	127,54	75,07
IC3F14	2,45	16,13	1,88	0,88	94,91	137,68	44,65	153,24	49,38	87,42	94,03

TABELA A9.1 (continuação): Dados do balanço de massa na Lagoa Itapeva.

	Z1	r1	r2	r3	f12	f23	f13	a1	a2	Y3	a3
IC3F18	2,45	6,90	0,82	0,25	3,93	4,30	1,19	9,57	2,50	1,55	3,69
IS1F6	3,51	50,03	11,09	6,14	36,98	46,36	20,47	103,97	10,38	29,84	30,85
IS1F10	3,64	10,53	2,06	1,17	6,82	8,65	3,89	17,60	1,77	5,72	5,65
IS1F14	3,38	81,20	18,74	9,65	59,18	70,93	30,49	167,49	19,04	42,24	49,53
IS1F18	3,06	0,54	0,11	0,09	0,87	1,47	0,71	-0,94	0,06	1,32	0,78
IS2F6	2,55	30,00	8,83	4,03	16,75	15,57	7,65	51,85	5,06	6,48	12,71
IS2F10	3,04	20,11	5,36	1,93	2,45	2,03	0,88	20,40	-0,37	-3,60	4,58
IS2F14	3,58	12,46	1,38	0,43	11,89	14,24	3,73	24,50	7,73	6,08	11,46
IS2F18	3,06	22,43	1,77	0,72	7,73	9,11	3,15	30,25	3,86	4,52	7,01
IS3F6	2,35	25,99	2,29	1,48	22,32	34,43	14,40	60,36	6,44	26,51	20,84
IS3F10	3,36	15,34	4,37	2,39	4,47	2,54	2,44	18,89	-0,36	0,52	2,08
IS3F14	2,70	17,47	4,01	0,62	5,99	2,90	0,92	21,68	4,46	-2,18	5,38
IS3F18	3,47	22,07	1,78	1,28	3,21	3,73	2,30	24,11	-0,38	2,83	1,92

APÊNDICES

APÊNDICE 1: Noções de probabilidade.

APÊNDICE 2: Experimento aleatório (não determinístico)

APÊNDICE 3: Modelos contínuos

APÊNDICE 4: Simulação discreta.

APÊNDICE 5: Transformada Z

Neste apêndice estão apresentadas algumas noções básicas de probabilidade e estatística que se destinam a auxiliar no entendimento dos processos estocásticos.

A ciência manteve-se até pouco tempo atrás, firmemente apegada à lei da “causa e efeito”. Quando o efeito esperado não se concretizava, atribuía-se o fato a uma falha na experiência ou a uma falha na identificação da causa. Não poderia haver quebra da cadeia lógica (Fonseca e Martins, 1988). Segundo Laplace uma vez conhecidas a vizinhança, a velocidade e a direção de cada átomo no universo, poder-se-ia, a partir daí, predizer-se com certeza o futuro até a eternidade (O’Connor e Robertson, 1999).

Sabe-se hoje, através do princípio da incerteza^{AP1.1}, que não é bem assim. Não existem meios que permitam determinar os movimentos dos elétrons individuais se conhecido a sua velocidade e posição, conforme o estabelecido em 1927, pelo físico alemão W. Heisenberg (Brody e Brody, 1999). Então para analisar-se processos como este, utiliza-se modelos matemáticos, que podem ser determinísticos ou probabilísticos.

Para poder se definir probabilidade e diferenciar os modelos citados anteriormente, é necessário à definição e caracterização de alguns parâmetros, como espaço amostral, eventos, conceitos de probabilidade, probabilidade condicional e total e também variáveis aleatórias (discretas e contínuas).

1. O espaço amostral

Espaço amostral é o conjunto de todos os resultados possíveis de um experimento aleatório, sendo denotado por S , E ou Ω . No compito deste trabalho usaremos “ S ” como símbolo de espaço amostral.

Ao descrever-se um espaço amostral de um experimento, segundo Costa Neto e Cymbalista (1971), deve-se ficar atento para o que se está observando ou mensurando. Deve-se falar em “um” espaço amostral associado a um experimento e não em “o” espaço amostral.

Observar-se, ainda, que nem sempre os elementos de um espaço amostral são números. Para exemplificar pode-se utilizar um experimento probabilístico elementar: tem-se

^{AP1.1} Princípio da incerteza: é o princípio quântico formulado, pela primeira vez por Heisenberg, que afirma que não é possível saber exatamente e simultaneamente a posição e a quantidade de movimento de um objeto. Existe, então, uma incerteza na energia ΔE e uma incerteza no instante Δt .

uma moeda não viciada que ao ser lançada apresentará como resultados possíveis *cara* ou *coroa*.

Um espaço amostral, então, pode ser classificado em:

- a) finito: são os espaços do tipo $S = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$;
- b) infinitos: (i) enumeráveis (ou contáveis): $S = \{1, 2, 3, 4, 5, \dots\}$;
- (ii) não-enumeráveis (ou não contáveis): $S = \{t \in \mathfrak{R}/t \geq 0\}$

2. Eventos

Segundo Hazzan (1985), qualquer subconjunto de um espaço amostral S é denominado um evento. Entretanto, convém observar que tecnicamente todo subconjunto de um espaço amostral é um evento apenas quando ele for finito ou, então, infinito enumerável. Se o espaço amostral é infinito não-enumerável é possível construir subconjuntos que são eventos. A título de exemplificação, se S é finito, isto é, se o somatório dos elementos de S for igual a “ n ”, então o número de eventos possíveis para este espaço amostral (utilizando-se de análise combinatória) é 2^n .

2.1. Combinação de eventos

Pode-se realizar operações entre eventos da mesma forma que elas são realizadas entre conjuntos. Antes de definir as operações é conveniente conceituar o que se entende por ocorrência de um evento.

Seja “ E ” um experimento com um espaço amostral associado S e A um evento de S . É dito que o evento A ocorre se realizada a experiência, isto é, se executado E , o resultado for um elemento de A (Ross, 1989).

Exemplos dos tipos de eventos segundo Even (1973) e Fonseca e Martins (1988). Para isto considera-se que A e B sejam dois eventos de um mesmo espaço amostral S , assim pode-se dizer que ocorre o evento quando:

(i) A união B ou A soma B , denotado por $A \cup B$, se e somente se A ocorre ou B ocorre (Figura AP1.1).

(ii) A produto B ou A interseção B , denotado por $A \cap B$ ou AB , se e somente A ocorre e B ocorre (Figura AP1.2).

(iii) A menos B ou A diferença B, denota-se $A-B$, se e somente se A ocorre e B não ocorre (Figura AP1.3).

(iv) O complementar de A, denotado por \bar{A} , A^C ou ainda A' , se e somente se A não ocorre (Figura AP1.4).

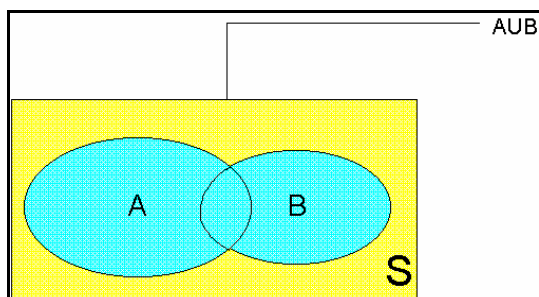


FIGURA AP1.1: Representação da união do evento A com o evento B, sendo A e B eventos do espaço amostral S.

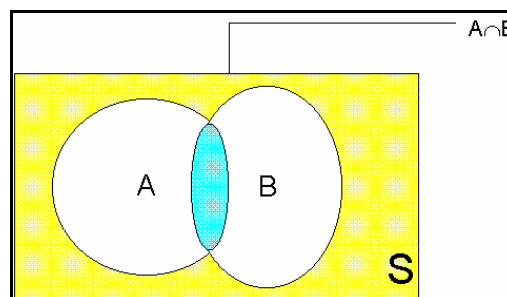


FIGURA AP1.2: Representação da interseção do evento A com o evento B, sendo A e B eventos do espaço amostral S.

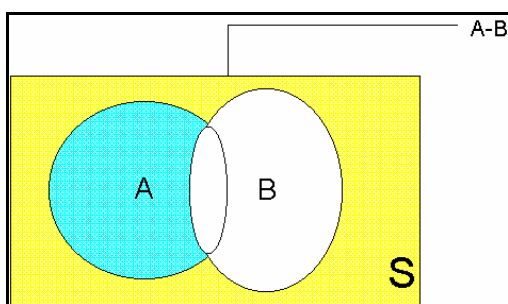


FIGURA AP1.3: Representação da diferença do evento A e o evento B, sendo A e B eventos do espaço amostral S.

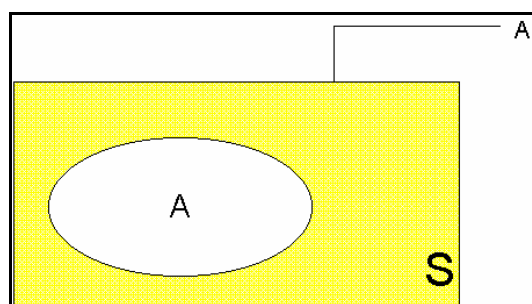


FIGURA AP1.4: Representação do complementar do evento A, sendo A um evento pertencente ao espaço amostral S.

Além dos quatro exemplos citados, existe ainda os eventos denominados “eventos mutuamente exclusivos ou excludentes” (Fonseca e Martins, 1988). Para exemplificar consideremos dois eventos A e B, estes serão mutuamente excludentes, se eles não puderem ocorrer juntos, isto é, se $A \cap B = \emptyset$, sendo \emptyset um conjunto vazio (Figura AP1.5).

3. Conceitos de probabilidade

Existem três formas de se definir probabilidade: a definição clássica, a definição freqüencial e a definição axiomática (Fonseca e Martins, 1988).

Segundo a definição **clássica**, considerando-se E como um experimento aleatório, S um espaço amostral associado formado por n resultados igualmente prováveis e $A \subseteq S$ sendo

um evento com m elementos; a probabilidade de A , denotada por $P(A)$, é definida como mostrado na equação AP1.1.

$$P(A) = m/n \quad (\text{AP1.1})$$

Esta equação (2.16) mostra que a probabilidade do evento A é o quociente entre o número m de casos favoráveis e o número n de casos possíveis.

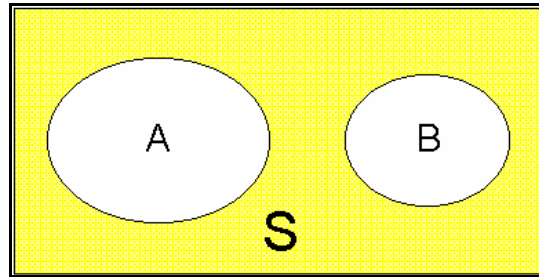


FIGURA AP1.5: Esquema mostrando dois eventos (A e B) excluintes, sendo A e B eventos do espaço amostral S.

Duas críticas fazem-se à definição clássica (Meyer, 1983):

- a) a definição clássica é dúbia, já que a ideia de “igualmente provável” é a mesma de “com probabilidade igual”, isto é, a definição é circular, porque está definindo essencialmente a probabilidade com seus próprios termos,
- b) a definição não pode ser aplicada quando o espaço amostral é infinito.

Na prática acontece que nem sempre é possível determinar-se a probabilidade de um evento. Neste caso é necessário ter-se um método de aproximação desta probabilidade. Um dos métodos utilizados é a experimentação que objetiva estimar o valor da probabilidade de um evento A com base em valores reais (Fonseca e Martins, 1988). A probabilidade avaliada através deste processo é denominada de probabilidade empírica (probabilidade **freqüencial**).

Esta definição, embora útil na prática, apresenta dificuldades matemáticas, pois o limite pode não existir. Em virtude dos problemas apresentados pela definição clássica e pela definição freqüencial, foi desenvolvida uma teoria moderna, na qual a probabilidade é um conceito indefinido, como o ponto e a reta o são na geometria (Lipschutz, 1974).

Conforme a definição **axiomática** de probabilidade (Kovács, 1996); seja E um experimento aleatório com um espaço amostral associado S e que a cada evento $A \subseteq S$ associa-se um número real, representado por $P(A)$ e denominado “probabilidade de A ”, que satisfaz as seguintes propriedades (axiomas):

- (i) $0 \leq P(A) \leq 1$;

$$(ii) \quad P(S) = 1;$$

$$(iii) \quad P(A \cup B) = P(A) + P(B) \text{ se } A \text{ e } B \text{ forem eventos mutuamente excludentes};$$

$$(iv) \quad \text{Se } A_1, A_2, \dots, A_n, \dots, \text{ forem, dois a dois, eventos mutuamente excludentes,}$$

$$\text{então: } P\left(\bigcup_{i=1}^n A_i\right) = \sum_{i=1}^n P(A_i).$$

4. Probabilidade condicional

Conforme Clarke e Disney (1979) existem muitas situações que se trata com dois (ou mais) eventos cujas ocorrências estão, de alguma forma, interligadas. Sem maiores rigorismos, o que se deseja nesses casos é considerar uma situação onde o conhecimento da ocorrência de um evento acarrete a ocorrência de outro, de forma mais (ou menos) provável do que se essa informação não fosse conhecida.

Assim, segundo Lipschutz (1994), sendo A e B dois eventos de um espaço amostral S , associados a um experimento E , onde $P(A) > 0$, a probabilidade de B ocorrer condicionada a A ter ocorrido, será representada por $P(B/A)$ (lê-se como: “probabilidade de B dado A ” ou “probabilidade de B condicionada a A ”), e calculada pela equação AP1.2.

$$P(B/A) = P(A \cap B) / P(A) \quad (AP1.2)$$

Sempre que se calcular $P(B/A)$ está se calculando a probabilidade de ocorrência do evento B em relação ao *espaço amostral reduzido* A , ao invés de fazê-lo em relação ao espaço amostral original S . A equação 2.17 só faz sentido no caso de $P(A) > 0$. Se $P(A) = 0$, tem-se que a $P(B/A)$ não é definida (Kovács, 1996).

Quando se calcula $P(B)$ está se calculando a probabilidade de estar em B , sabendo-se que se está em S , mas quando se calcula $P(B/A)$ está calculando a probabilidade de B , sabendo-se que se está em A agora e não mais em S , isto é, o espaço amostral fica reduzido de S para A . Para a verificação das propriedades de $P(B/A)$ para A fixado, tem-se:

$$(i) \quad 0 \leq P(B/A) \leq 1,$$

$$(ii) \quad P(S/A) = 1,$$

$$(iii) \quad P(B_1 \cup B_2 / A) = P(B_1 / A) + P(B_2 / A) \text{ se } B_1 \cap B_2 = \emptyset$$

$$(iv) \quad P(B_1 \cup B_2 \dots / A) = P(B_1 / A) + P(B_2 / A) + \dots \text{ se } B_i \cap B_j = \emptyset \text{ para } i \neq j.$$

Observa-se que estas propriedades são idênticas aos axiomas de probabilidade (item 2.3.1.3). Pode-se também comparar $P(A/B)$ e $P(A)$, para tanto se considera os quatro casos ilustrados na Figura AP1.6 (Viali, 1999).

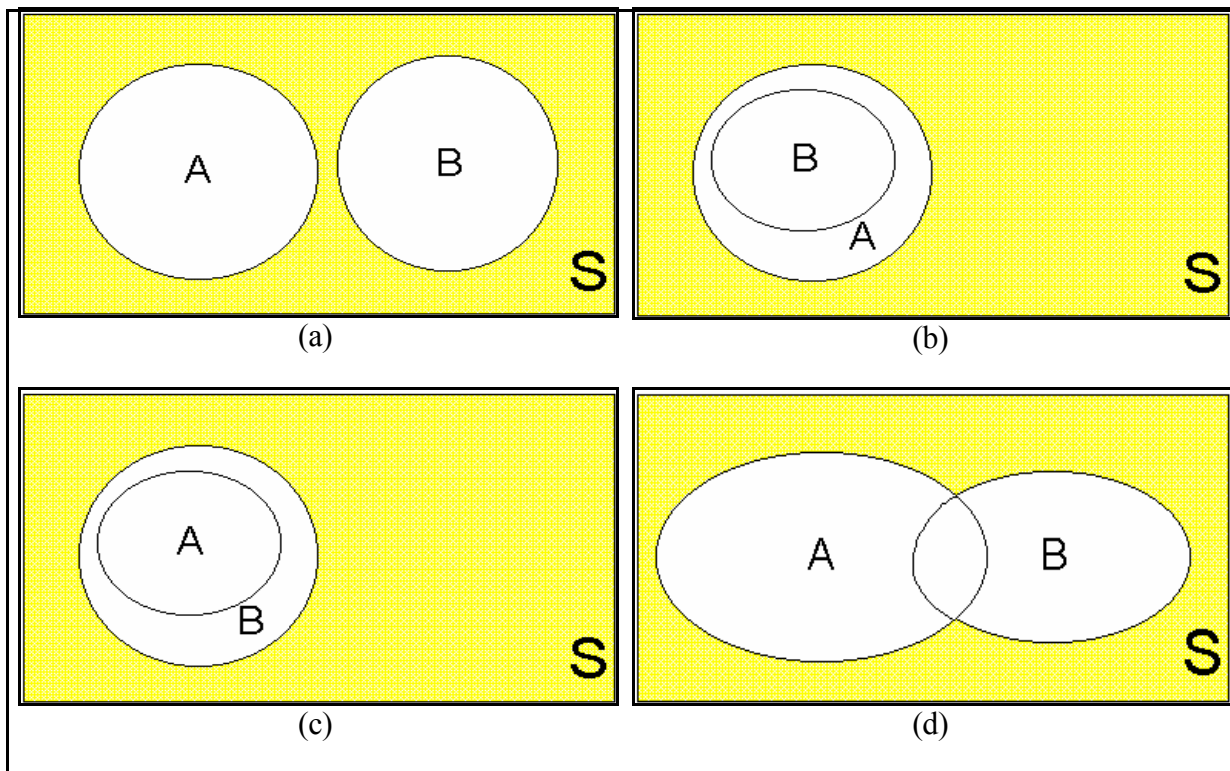


FIGURA AP1.6: Comparação entre $P(A/B)$ e $P(A)$, sendo A e B dois eventos do espaço amostral S . (a) $A \cap B = \emptyset$; (b) $A \subset B$; (c) $B \subset A$ e (d) caso geral.

Considerando os quatro casos apresentados (Figura AP3.4), tem-se que:

(a) $P(A/B) = 0$, porque A não poderá ocorrer se B tiver ocorrido.

(b) $P(A/B) = P(A \cap B)/P(B) = [P(A)/P(B)] \geq P(A)$, já que $P(A) \leq P(B)$, pois $A \subseteq B$.

(c) $P(A/B) = P(A \cap B)/P(B) = [P(B)/P(B)] = 1 \geq P(A)$.

Neste caso nada se pode afirmar sobre o relacionamento entre $P(A/B)$ e $P(A)$.

Com o conceito de probabilidade condicionada é possível apresentar uma maneira de se calcular a probabilidade da interseção de dois eventos A e B em função destes eventos. Esta expressão é denominada de teorema da multiplicação e é dado pela equação AP1.3 ou AP1.4.

$$P(A \cap B) = P(A).P(B/A) \quad (\text{AP1.3})$$

$$P(A \cap B) = P(A/B).P(B) \quad (\text{AP1.4})$$

5. Eventos independentes

No item anterior (2.3.1.4) observou-se que a ocorrência ou não ocorrência de algum evento B mudava as probabilidades de um evento A . Certamente existem casos importantes onde o conhecimento da ocorrência de um evento **não** muda a probabilidade de um evento A , e esse fato por si mesmo, deve ser importante na discussão dos dois eventos (Clarke e Disney, 1979).

Conforme Meyer (1983), se A e B são dois eventos de um espaço amostral S . A e B são ditos **independentes** (ou estatisticamente independentes) se a probabilidade de um deles ocorrer não afetar a probabilidade do outro ocorrer, isto é, se $P(A/B) = P(A)$ ou $P(B/A) = P(B)$ ou ainda se $P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$

Qualquer uma das três relações descritas pode ser usada como definição de independência, sendo que a terceira fornece uma caracterização de independência mais simétrica e útil do que as anteriores. Por exemplo, não necessita supor que $P(B)$ ou $P(A)$ são maiores que zero (Clarke e Disney, 1979).

6. Teoremas da probabilidade total e de Bayes

Duas expressões muito úteis para certas aplicações da teoria da probabilidade, segundo Kóvacs (1996) e Clarke e Disney (1979), são o Teorema da Probabilidade Total e a Fórmula de Bayes (ou Teorema de Bayes). Para definirmos estes dois teoremas é necessário o conceito de probabilidade condicionada, que como visto, pode ser utilizado para calcular a probabilidade de um evento simples A ao invés da probabilidade da interseção de dois eventos A e B . Para tanto é necessário, ainda, o conceito de partição de um espaço amostral^{AP1.2}.

6.1. Teorema da probabilidade total

Considere-se um espaço amostral S e A_1, A_2, \dots, A_n uma partição deste espaço amostral (a Figura AP1.7 ilustra a partição com $n = 8$). Seja B um evento de S , então B , pode ser escrito como $B = (B \cap A_1) \cup (B \cap A_2) \cup \dots \cup (B \cap A_n)$.

^{AP1.2} Partição de um espaço amostral: diz-se que os conjuntos A_1, A_2, \dots, A_n , eventos de um mesmo espaço amostral S , formam uma partição deste espaço se:

- (a) $A_i \cap A_j = \emptyset$, para todo $i \neq j$.
- (b) $A_1 \cup A_2 \dots \cup A_n = S$
- (c) $P(A_i) > 0$, para todo i .

É claro que, alguns destes conjuntos $B \cap A_j$, poderão ser vazios, mas isto não representa nenhum problema na decomposição de B . O importante é que todos os conjuntos $B \cap A_1, B \cap A_2, \dots, B \cap A_n$ são dois a dois mutuamente excludentes (Viali, 1999). E por isto, pode-se aplicar a propriedade da adição de eventos mutuamente excludentes e escrever $P(B)$ conforme a equação AP1.5.

$$P(B) = P[(B \cap A_1) \cup (B \cap A_2) \cup \dots \cup (B \cap A_n)] = P(B \cap A_1) + P(B \cap A_2) + \dots + P(B \cap A_n) \quad (\text{AP1.5})$$

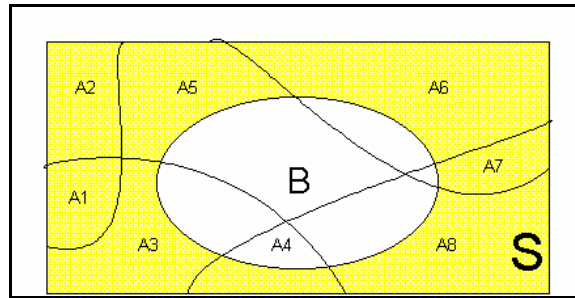


FIGURA AP1.7: Exemplo de uma partição do espaço amostral S com n=8.

Mas cada um dos termos $P(B \cap A_j)$ pode ser escrito na forma $P(B \cap A_j) = P(A_j) \cdot P(B/A_j)$. Assim, pela definição de probabilidade condicionada, obtém-se então o denominado teorema da probabilidade total (equação AP1.6):

$$P(B) = P(A_1) \cdot P(B/A_1) + P(A_2) \cdot P(B/A_2) + \dots + P(A_n) \cdot P(B/A_n) \quad (\text{AP1.6})$$

6.2. Teorema de Bayes

O Teorema de Bayes é utilizado quando se está interessado em obter a probabilidade de ocorrência de um evento A_i dado que B ocorreu, isto é, o que se quer é saber o valor de $P(A_i/B)$, onde os eventos A_1, A_2, \dots, A_n formam uma partição de S e B é um evento qualquer de S. Para tanto, aplicando-se a definição de probabilidade condicionada chega-se na equação AP1.7 (Bussab e Morettin, 1987).

$$P(A_i/B) = P(A_i \cap B) / P(B) = P(A_i) \cdot P(B/A_i) / P(B) \quad (\text{AP1.7})$$

Na equação AP1.7, $P(B)$ é avaliado pelo teorema da probabilidade total, e este resultado é conhecido como **teorema de Bayes**. Assim:

$$P(A_i/B) = \frac{P(A_i)P(B/A_i)}{P(A_1)P(B/A_1) + P(A_2)P(B/A_2) + \dots + P(A_n)P(B/A_n)} = \frac{P(A_i)P(B/A_i)}{\sum_{j=1}^n P(A_j)P(B/A_j)} \quad (\text{AP1.8})$$

O teorema de Bayes (equação AP1.8) expressa as probabilidades dos elementos A_i da partição *a posteriori* a ocorrência do evento B cujas probabilidades *a priori* $P(B/A_i)$ são

conhecidas. Um exemplo de aplicação deste teorema é na transmissão de sinais binários por um canal de comunicação (Kovács, 1996).

7. Variáveis aleatórias^{AP1.3}

Ao se descrever o espaço amostral de um experimento nota-se que os elementos não são necessariamente números. Assim, por exemplo, no lançamento de duas moedas pode-se ter o seguinte espaço amostral: $S = \{cc, ck, kc, kk\}$, onde $c = \text{cara}$ e $k = \text{coroa}$.

Para fins matemáticos, isso é inconveniente. É desejável que se tenham números associados com os resultados (Clarke e Disney, 1979), isto é, deseja-se associar aos elementos do espaço amostral S um número real $x = X(s)$. Por isto, faz-se necessário mais uma construção para ampliar as idéias básicas da probabilidade.

Desta forma formula-se a definição (Miller et al, 1993):

*“Seja E um experimento com um espaço amostral associado S . Uma função X que associe a cada elemento de S ($s \in \hat{I} S$) um número real $x = X(s)$ é denominada **variável aleatória**”.*

O conjunto formado por todos os valores “ x ”, isto é, a imagem da variável aleatória X , é denominado de **conjunto de valores de X** e anotado por $X(S)$. Desta forma $X(S) = \{x \in \mathfrak{R} / X(s) = x\}$.

Teoricamente pode-se dizer que uma variável aleatória X é uma função que associa a cada ponto do espaço amostral um número (geralmente um número real).

Conforme o conjunto de valores, uma variável aleatória poderá ser discreta ou contínua (Feller, 1976). Se o conjunto de valores $X(S)$ for finito ou então infinito enumerável a variável é dita discreta (VAD). Se o conjunto de valores for infinito não enumerável então a variável é dita contínua.

Conforme Clarke e Disney (1979), na prática, a motivação para a escolha de uma variável aleatória é, muitas vezes, apenas uma questão de conveniência, sendo ditada pelas espécies de perguntas que se deseja responder.

^{AP1.3} Em muitos trabalhos também é importante a definição de vetores aleatórios, entretanto como nosso objetivo não enquadra-se em cálculo vetorial, este tratamento matemático não será apresentado.

7.1. A função de probabilidade

Seja X uma variável aleatória discreta (VAD), isto é, com $X(S)$ finito ou infinito enumerável, definida num espaço amostral S . A cada resultado x_i de $X(S)$ associa-se um número $f(x_i) = P(X=x_i)$ denominado probabilidade de x_i e tal que satisfaz as seguintes propriedades:

- a) $f(x_i) \geq 0$, para todo i ;
- b) $\sum f(x_i) = 1$.

A função f assim definida é denominada de **função de probabilidade** de X . A coleção dos pares $(x_i, f(x_i))$ para $i = 1, 2, 3, \dots$ é a **distribuição de probabilidade** da VAD X .

Segundo Parzen (1971), deve-se notar que $f(x) = P(X = x) = P(\{s \in S/X(s) = x\})$, assim, desta forma quando se calcula $f(x)$ está se calculando, na realidade, a probabilidade do evento $\{s \in S/X(s) = x\} \subseteq S$.

Existem três maneiras de representar a função de probabilidade de uma VAD X (Downing et al, 1998):

- (i) através de uma tabela.
- (ii) através de uma expressão analítica para $f(x)$.
- (iii) através de um diagrama, onde os valores da variável são registrados no eixo das abscissas e as probabilidades no eixo das ordenadas.

Quando se fala em função de probabilidade, é importante salientar-se a função de distribuição acumulada. Seja X uma VAD com função densidade $f(x)$. Então a função de distribuição acumulada (FDA), ou simplesmente função de distribuição de X é a função F definida pela equação AP1.9.

$$F(x) = P(X \leq x) = \sum_{X_i \leq x} f(X_i) \quad (\text{AP1.9})$$

7.2. Variável aleatória discreta

Para caracterizar-se uma VAD é necessário, inicialmente, considerar X uma variável aleatória discreta assumindo os valores: $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots$, com probabilidades $f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_i), \dots$. Além disto é importante definir-se alguns parâmetros fundamentais: média, variância, desvio padrão variância relativa e coeficiente de variação.

A média^{AP1.4} da variável aleatória X é representada por μ ou $E(X)$ e calculada pela equação AP1.10.

$$\mu = x_1 f(x_1) + x_2 f(x_2) + \dots + x_n f(x_n) + \dots = \sum x_i f(x_i) \quad (\text{AP1.10})$$

Para determinar-se a variância de X [σ^2 ou $V(X)$], tendo como média μ , utiliza-se à equação AP1.11.

$$\sigma^2 = f(x_1)(x_1 - \mu)^2 + f(x_2)(x_2 - \mu)^2 + \dots + f(x_n)(x_n - \mu)^2 + \dots = \sum f(x_i)(x_i - \mu)^2 \quad (\text{AP1.11})$$

A expressão AP1.11, pode ser transformada na equação AP1.12.

$$\sigma^2 = \sum f(x_i)(x_i - \mu)^2 = \sum f(x_i)x_i^2 - \mu^2 = \sum(X^2) - [\sum(X)]^2 = \sum(X^2) - \mu^2 \quad (\text{AP1.12})$$

Além da média e da variância, outro parâmetro importante é o desvio padrão (σ), que é dado pela raiz quadrada da variância.

A variância relativa e o coeficiente de variação, são determinados, considerando-se X uma variável aleatória discreta com média μ e variância σ^2 . A variância relativa de X (γ^2), é definida pela equação AP1.13. O coeficiente de variação de X é definido como a raiz quadrada da variância relativa (equação AP1.14).

$$\gamma^2 = \sigma^2 / \mu^2 \quad (\text{AP1.13})$$

$$\gamma = \sigma / \mu \quad (\text{AP1.14})$$

7.3. Variáveis aleatórias contínuas

Sendo E um experimento, S um espaço amostral associado e X uma variável aleatória definida em S , tal que $X(S)$ seja infinito não-enumerável, isto é, $X(S)$ seja um intervalo de números reais, então X é dita uma variável aleatória contínua (VAC).

A função $f(x)$ que associa a cada $x \in X(S)$ um número real que satisfaz as seguintes condições (i) e (ii), a seguir, é denominada de **função densidade de probabilidade** (fdp) da variável aleatória X .

$$(i) \quad f(x) \geq 0, \text{ para todo } x \in X(S) \text{ e}$$

$$(ii) \quad \int_{X(S)} f(x) dx = 1$$

^{AP1.4} A média matemática também é conhecida como expectância, esperança ou ainda valor esperado de X (Even, 1973).

Neste caso $f(x)$ representa apenas a densidade no ponto x , ao contrário da variável aleatória discreta, $f(x)$ aqui **não** é a probabilidade de a variável assumir o valor x .

Para calcular-se a probabilidade com uma VAC, deve-se considerar X uma variável aleatória contínua com fdp = $f(x)$. Então, sendo “a” e “b” dois números reais e $a < b$, define-se a probabilidade de que X assumira valores entre os números “a” e “b” sendo esta a área sob o gráfico de $f(x)$ entre os pontos $x = a$ e $x = b$ (equação AP1.15).

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x)dx \quad (\text{AP1.15})$$

Neste caso, segundo Murteira (1990), tem-se também:

a) $P(X = a) = 0$, isto é, a probabilidade de que uma variável aleatória contínua assumira um valor isolado é igual a zero. Para variáveis contínuas só faz sentido falar em probabilidade em um intervalo, uma vez que a probabilidade é definida como sendo a área sob o gráfico. A função $f(x)$ não representa nenhuma probabilidade, somente quando ela for integrada entre dois limites produzirá uma probabilidade.

b) Se $a < b$ são dois números reais então se tem a equação AP1.16.

$$P(a < X < b) = P(a \leq X < b) = P(a < X \leq b) = P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x)dx \quad (\text{AP1.16})$$

c) Se uma função f^* satisfizer às condições $f^*(x) \geq 0$ para todo x e $\int_{-\infty}^{\infty} f^*(x)dx = k$, onde “k” é um número real positivo, mas não igual a 1, então $f^*(x)$ pode ser transformada numa fdp mediante a transformação dada pela equação AP1.17 (para todo x). Neste caso a $f(x)$ será uma função densidade de probabilidade.

$$f(x) = f^*(x)/k \quad (\text{AP1.17})$$

d) Se X assumir valores apenas num intervalo finito $[a; b]$, pode-se dizer simplesmente que $f(x) = 0$ para todo $x \notin [a; b]$, e como consequência a fdp ficará definida para todos os valores reais de x podendo-se exigir que $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$. Assim, sempre que a $f(x)$ for especificada apenas num intervalo finito, deve-se supor que seja zero para todos os demais valores não pertencentes ao intervalo.

A função de distribuição acumulada (FDA) ou simplesmente função de distribuição (FD) para uma VAC com função densidade de probabilidade $f(x)$, é dada pela a função F definida conforme a equação AP1.18.

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(u)du \quad (\text{AP1.18})$$

Como no caso das variáveis aleatórias discretas, também existem parâmetros de caracterização para as VAC. A média da variável aleatória contínua X é representada também por μ ou $E(X)$, e é calculada pela equação AP1.19.

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} x.f(x)dx \quad (\text{AP1.19})$$

Deve-se observar que não existe garantia que esta integral exista (convirja) sempre.

A variância [σ^2 ou $V(X)$] é definida pela equação AP1.20, considerando-se X uma variável aleatória contínua com média μ . O desvio padrão, como no caso de uma VAD, é dado pela raiz quadrada da variância.

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 .f(x).dx = \int_{-\infty}^{\infty} X^2 .f(x)dx - \mu^2 = \Sigma(X^2) - \mu^2 \quad (\text{AP1.20})$$

A variância relativa (γ^2) e o coeficiente de variação (γ) são definidos conforme as equações AP1.21 e AP1.22, respectivamente. Nota-se que a equação AP1.22 representa a raiz quadrada de AP1.21.

$$\gamma^2 = \sigma^2 / \mu^2 \quad (\text{AP1.21})$$

$$\gamma = \sigma / \mu \quad (\text{AP1.22})$$

Não existe uma definição satisfatória de *Experimento Aleatório* (Clarke e Disney, 1979). Ao descrever um experimento aleatório deve-se especificar não somente que operação ou procedimento deva ser realizado, mas também o que é que deverá ser observado. A seguir, estão listados alguns exemplos simples, comumente encontrados na literatura, porém exemplos estes que facilitam a compreensão deste procedimento:

E_1 : Joga-se um dado e observa-se o número obtido na face superior.

E_2 : Joga-se uma moeda 4 vezes e observa-se o número de caras obtido.

E_3 : Joga-se uma moeda 4 vezes e observa-se a seqüência de caras e coroas.

E_4 : Um lote de 10 peças contém 3 defeituosas. As peças são retiradas uma a uma (sem reposição) até que a última defeituosa seja encontrada. Conta-se o número de peças retiradas.

E_5 : Uma lâmpada nova é ligada e observa-se o tempo gasto até queimar.

E_6 : Lança-se uma moeda até que ocorra uma cara e conta-se então o número de lançamentos necessários.

E_7 : Lançam-se dois dados e anota-se o total de pontos obtidos.

E_8 : Lançam-se dois dados e anota-se o par obtido.

Observando-se os exemplos descritos anteriormente, pode-se destacar algumas características comuns:

a) os experimentos podem ser repetidos indefinidamente sob as mesmas condições;

b) não se pode adiantar um resultado particular, mas pode-se descrever todos os resultados possíveis;

c) se repetidos muitas vezes, apresentarão uma regularidade em termos de freqüência de resultados.

Na descrição dos modelos contínuos usar-se-á uma série de definições já tratadas nos itens anteriores, contudo cabe salientar que o enfoque aqui administrado visa a modelagem matemática. Com isto alguns parâmetros terão um desenvolvimento mais detalhado e conseqüentemente mais aplicado.

1. Definição de distribuição uniforme

Seja X uma variável aleatória que toma valores no espaço amostral S com probabilidade um ($P(x \in S) = 1$). Diz-se que X tem uma distribuição uniforme sobre S , se sua função de densidade de probabilidade (fdp) é dada pela expressão AP3.1, onde $\text{medida}(S)$ é comprimento, área ou volume dependendo da dimensão do espaço amostral e tendo $0 < \text{medida}(S) < +\infty$.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\text{medida}(S)}, & \text{se } x \in S \\ 0 & , \text{se } x \notin S \end{cases} \quad (\text{AP3.1})$$

De acordo com esta definição, para algum subconjunto A de S , tem-se uma medida bem definida como mostrado na equação AP3.2, onde $P(A)$ é a probabilidade de a medida A acontecer, uma vez que é conhecida a medida do espaço amostral.

$$P(A) = \iint_A \dots \int \frac{1}{\text{medida}(S)} dE = \frac{\text{medida}(A)}{\text{medida}(S)} \quad (\text{AP3.2})$$

Com o interesse específico para o caso unidimensional, tem-se a seguinte definição para a Distribuição Uniforme em (a, b) : $-\infty < a < b < +\infty$. Uma variável aleatória X tem distribuição uniforme sobre (a,b) se sua função densidade é dada pela expressão AP3.3, em que pode ser incluído um ou outro ou ambos os pontos extremos do intervalo.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{(b-a)}, & \text{se } a < x \leq b \\ 0 & , \text{se } x \notin (a, b] \end{cases} \quad (\text{AP3.3})$$

Uma variável aleatória uniformemente distribuída tem uma fdp que é constante sobre o intervalo de definição (Galambos, 1995). A fim de satisfazer à condição $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$, essa constante deve ser igual ao inverso do comprimento do intervalo (Figura AP3.1).

Uma variável aleatória uniformemente distribuída representa o análogo contínuo dos resultados igualmente prováveis, no seguinte sentido: para qualquer subintervalo $[c,d]$, onde $a \leq c < d \leq b$, $P(c \leq X \leq d)$ é a mesma para todos os subintervalos que tenham o mesmo comprimento (Rohatgi, 1976). Isto pode ser observado na equação AP3.4, e por isso nota-se que P depende unicamente do comprimento do intervalo e não da posição deste intervalo.

$$P(c \leq X \leq d) = \int_c^d f(x)dx = \frac{d-c}{b-a} \quad (\text{AP3.4})$$

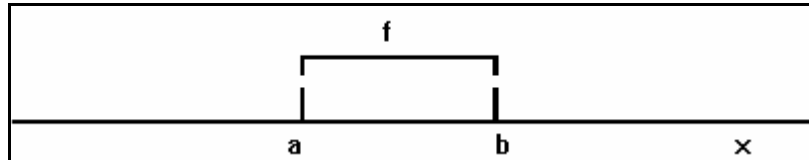


FIGURA AP3.1: Fdp da uniformidade distribuída

A função de distribuição acumulada de uma variável aleatória uniformemente distribuída sobre o intervalo (a,b) é dada pela expressão AP3.5 onde a média μ e a variância σ^2 são dadas, respectivamente, pelas equações AP3.6 e AP3.7.

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(s)ds = \begin{cases} 0 & , \text{ se } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & , \text{ se } a < x \leq b \\ 1 & , \text{ se } x > b \end{cases} \quad (\text{AP3.5})$$

$$\mu = \frac{a+b}{2} \quad (\text{AP3.6})$$

$$\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12} \quad (\text{AP3.7})$$

A representação gráfica da função de distribuição da distribuição uniforme é dada pela Figura AP3.2.

2. Definição de distribuição normal

A distribuição normal tem a bem merecida reivindicação de ser a mais comumente distribuição usada em estatística (Triola, 1999). Muitos fenômenos da natureza têm distribuição normal, como medidas antropométricas e medidas de pesos de animais dentre outras. Segundo Patel e Read (1996), a curva normal pode ser usada também para a descrição de escores, na interpretação do desvio padrão e em afirmações relacionadas com a noção de probabilidade.

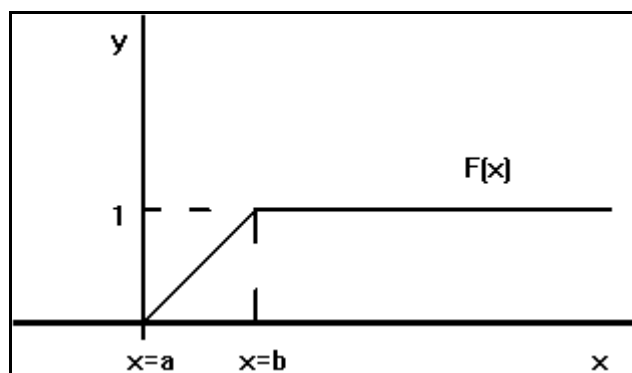


FIGURA AP3.2: Função da distribuição uniforme

Parte da razão de ser a distribuição normal muito utilizada refere-se ao **Teorema Central do Limite**, que essencialmente diz que numa amostragem aleatória de uma população com variação, esta distribuição assemelha-se à curva normal à medida que aumenta o tamanho da amostra (Grinstead e Snell, 1997).

A curva normal é um tipo de curva simétrica, suave, cuja forma lembra um sino. É possível que o aspecto mais marcante desta curva seja sua simetria (Bussab e Morettin, 1987). A curva normal é unimodal, possui um só ponto de frequência máxima; este ponto é situado no meio da distribuição (curva), em que as medidas: a média, a mediana e a moda coincidem. A partir do topo (central arredondado), a curva normal "cai" gradualmente até formar as caudas (duas, uma de cada lado), que se estendem de forma infinita, aproximando-se cada vez mais da linha base sem, entretanto, jamais tocá-la. Ou seja, conforme Costa Neto e Cymbalista (1971), a curva normal é assintótica em ambas as direções ao eixo das abscissas.

Uma variável aleatória é dita normalmente distribuída com parâmetros μ (média) e σ^2 (variância) se sua função de densidade for dada pela equação AP3.8.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right\}, \quad x \in \mathbb{R}, \quad \mu \in \mathbb{R}, \quad \sigma > 0 \quad (\text{AP3.8})$$

No gráfico da função densidade normal com média μ e variância σ^2 nota-se que a densidade é simétrica em torno da média μ , de onde sai a relação AP3.9.

$$f(\mu + x) = f(\mu - x), \quad \forall x \in \mathbb{R} \quad (\text{AP3.9})$$

Além disso, f tem um máximo em $x = \mu$ com valor máximo $f(\mu) = 1/(\sigma\sqrt{2\pi})$. Quando $|x| \rightarrow \infty$, $f(x) \rightarrow 0$. Portanto f é unimodal, pois a média, a mediana e a moda

coincidem com $x = \mathbf{m}$. O gráfico da distribuição normal é dado pela Figura AP3.3 e a representação gráfica da função de distribuição pela Figura AP3.4.

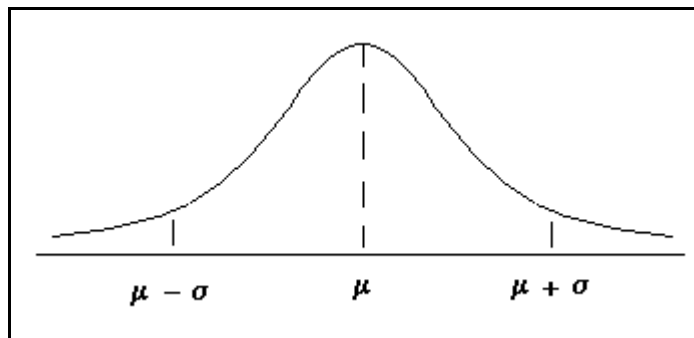


FIGURA AP3.3: FDP da normal

Se Z é variável padronizada correspondente a X , isto é, se $Z = (X - \mathbf{m})/\mathbf{s}$, então a média ou o valor esperado de Z é zero e a variância é $[1-N(0,1)]$. Em tal caso a função de densidade de Z é representada pela equação AP3.10.

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} \quad (\text{AP3.10})$$

Esta função (equação AP3.10) é comumente designada como função ou distribuição de densidade normal padronizada. A função de distribuição correspondente, segundo Costa Neto (1978), é dada pela equação AP3.11.

$$F(z) = P(Z \leq z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-u^2/2} du = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-u^2/2} du \quad (\text{AP3.11})$$

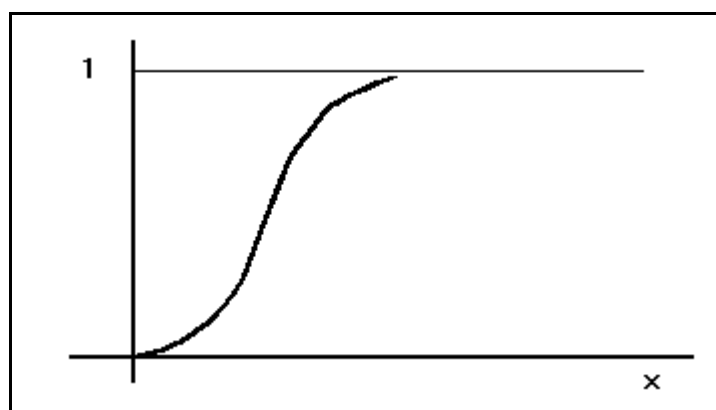


FIGURA AP3.4: Função de distribuição da normal

Às vezes costuma-se chamar o valor z da variável padronizada Z , de "escore" padronizado. A função distribuição de uma variável aleatória normal Z tem sido tabulada extensivamente, como mostra Rohatgi (1984).

Neste apêndice estão apresentados alguns conceitos sobre simulação discreta. Um dos métodos mais importantes para desenvolver-se simulação discreta é o método de Monte Carlo. Este método foi desenvolvido por Von Neumann, durante a segunda Guerra Mundial (Sobol, 1976). A simulação por sua vez, conforme Rubinstein (1981) é a informação sintética aproximada que representa um sistema no mundo real pela utilização de conhecimentos existentes sobre a sua estrutura. A natureza das variáveis é distribuída de forma aleatória.

A aprendizagem sobre a distribuição de probabilidade das variáveis parte da experiência, tomando-se amostragem através de um processo randômico e, então, obtendo-se dados simulados como a representatividade da situação real (Hammersley e Handscomb, 1975). O método pode ser utilizado para simular ambas as situações, processos determinísticos e estocásticos. A modelagem de simulação discreta é uma ferramenta útil, pois a realidade apresenta-se como sistema de grande complexidade. Desta forma, a geração de dados simulados é usada para estimar uma medida de desempenho do sistema (Wada, 1995).

Schmidt e Taylor (1970) discorrem sobre a técnica de simulação e apresentam as seguintes vantagens no seu uso:

- a) uma vez o modelo construído, ele pode ser utilizado repetidamente para analisar políticas decisórias;
- b) modelos de simulação podem ser utilizados para analisar um sistema proposto por meio de dados de entrada um tanto incompleto;
- c) uso de simulação computacional, por vezes, torna-se um empreendimento interessante do ponto de vista custo, dada a complexidade da obtenção de dados no mundo real;
- d) os métodos de simulação são normalmente mais fáceis de aplicar do que as formas analíticas; e
- e) usualmente os modelos analíticos requerem muita simplificação em suas aquisições para se ter um tratamento matemático. Os modelos de simulação não têm tais restrições.

Quanto ao uso da simulação, merece preocupação o custo computacional de certos estudos, dada a necessidade de longo tempo para sua construção e validade do modelo (Silva

e Muntz, 1992). As áreas de aplicação da simulação foram descritas em vários contextos. Agrawal (1972) apresenta autores e aplicações de simulação no campo da agricultura em níveis micro e macro, como também expressa a preocupação no desenvolvimento da economia. Entretanto o campo de maior aplicação dos conceitos e teorias de simulação ainda é o da informática (existem mais de 1000 trabalhos publicados somente no Brasil nos últimos cinco anos). Uma área que vem apresentando um grande desenvolvimento no uso da simulação é a ambiental.

1. Geração de variáveis aleatórias da distribuição uniforme e normal

Para a geração de variáveis aleatórias de distribuição uniforme, deve-se considerar inicialmente uma variável aleatória X que é distribuída uniformemente num intervalo $[a,b]$. Uma suposição razoável para geração de X é dada pela equação AP4.1, onde U é um número randômico pertencente ao intervalo $(0,1)$.

$$X = a + (b - a) U \quad (\text{AP4.1})$$

No caso de geração de variáveis aleatórias da distribuição normal, muitos métodos têm sido desenvolvidos (Patel e Read, 1996). A forma aqui utilizada recai na consideração de duas variáveis randômicas da normal padrão, Z_1 e Z_2 , plotadas com um ponto em um plano como mostrado na Figura AP4.1 representado em coordenadas polares onde Z_1 e Z_2 são dados pela equação AP4.2.

$$\begin{cases} Z_1 = B \cos \theta \\ Z_2 = B \sin \theta \end{cases} \quad (\text{AP4.2})$$

A relação $B^2 = Z_1^2 + Z_2^2$ é uma distribuição qui-quadrada com dois graus de liberdade, que é equivalente a uma distribuição exponencial com média 2. Portanto, o raio B pode ser gerado pela expressão AP4.3, por simetria da distribuição normal.

$$B = (-2 \ln U)^{1/2} \quad (\text{AP4.3})$$

É supostamente razoável que o ângulo θ é uniformemente distribuído entre 0 e 2 radianos. Em adição, o raio B e o ângulo θ , são mutuamente independentes. Combinando as equações AP4.2 e AP4.3, é dado um método direto para gerar duas variáveis normal padrão independentes (Z_1 e Z_2), dos números randômicos U_1 e U_2 (sistema de equações mostrado na expressão AP4.4):

$$\begin{cases} Z_1 = (-2 \ln U_1)^{1/2} \cos(2\pi U_2) \\ Z_2 = (-2 \ln U_1)^{1/2} \sin(2\pi U_2) \end{cases} \quad (\text{AP4.4})$$

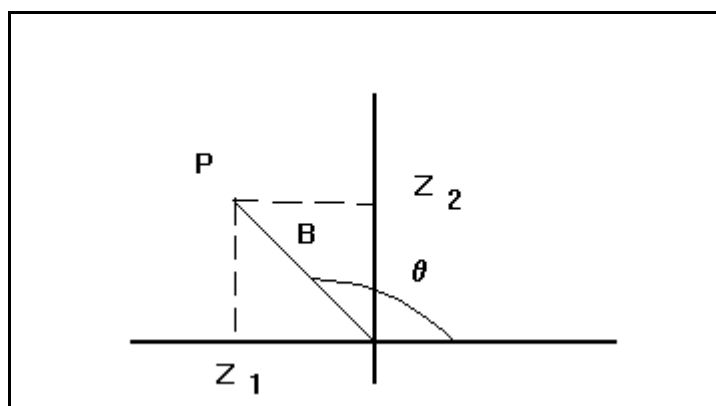


FIGURA AP4.1: Coordenadas polares

2. Programação linear

A tomada de decisão está calcada no conhecimento de variáveis e no domínio onde estas variáveis são válidas (Andrade, 1998). Geralmente uma decisão está ligada a um objetivo de otimização. Problemas de alguma complexidade são resolvidos de forma plena com a utilização de modelos lineares (Sarachik, 1997). Segundo Birge e Louveaux (1997), a programação linear é o instrumento de pesquisa operacional mais comumente empregado na resolução prática de problemas decisórios objetivos, dada a sua versatilidade e pelo nível de pouca sofisticação dos seus fundamentos matemáticos.

A ferramenta que resolve qualquer problema de programação linear é conhecida como Método Simplex, algoritmo desenvolvido pelo norte-americano G. Dantzig na década de 1940. O método consiste num exame de soluções básicas não-negativas do problema numa seqüência, tal que, a cada passo, consegue-se passar de um vértice a outro realizando um ganho no sentido pretendido de otimização (Boldrini, 1986). Segundo Barndorff-Nielsen. e Jørgensen (1989), o algoritmo prevê três possibilidades bem definidas de terminação:

- a) o conjunto de planos viáveis é vazio;
- b) o problema não tem solução ótima finita; e
- c) uma solução ótima finita para o problema existe, e é encontrada no último passo.

3. Programação dinâmica

Programação dinâmica é uma técnica empregada que envolve a otimização de problemas que podem ser modelados por uma seqüência de opções (estados). Pode ser aplicada a todos os tipos de situações existentes, lineares ou não. Esse método, que envolve relações algébricas de recorrência desenvolvidas principalmente por Bellman (1964) e Dreyfus e Law (1977), evoluiu como resultado do estudo de problemas de programação, nos quais as decisões são tomadas normalmente ao longo do tempo, razão principal da denominação de "programação dinâmica" (Toscani e Veloso, 1990). Para um completo entendimento dos instrumentos que formam a programação dinâmica, faz-se necessárias algumas definições. A cada oportunidade de se tomar uma decisão ao longo do tempo, por exemplo, associa-se um estágio. Um estágio compreende muitos estados. Ao passar de um estágio para outro, escolhe-se no estágio seguinte um entre os possíveis, tomando-se uma decisão d_i (variável de decisão) que, atuando sobre a variável de estado s_i , altera seu valor e permite a transição para um determinado estado do estágio seguinte. Como existem limitações quanto aos valores que tanto d_i como s_i podem assumir, só é preciso analisar as transições permitidas (Bellman e Adomian, 1985). A Figura AP4.2 descreve esta metodologia.

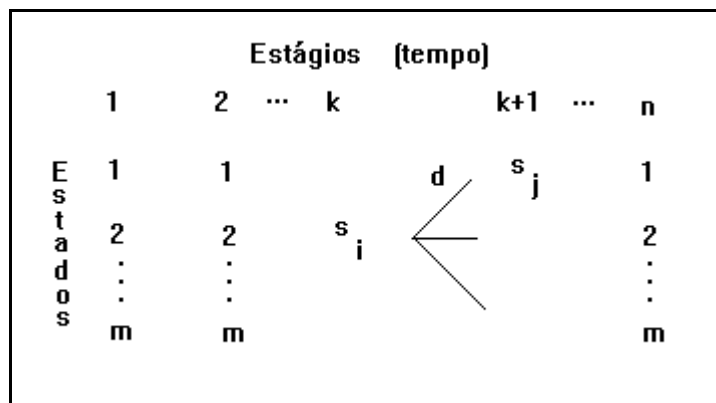


FIGURA AP4.2: Esquema de programação dinâmica

Uma seqüência de decisões, uma para cada estágio, constitui uma política. O objetivo da otimização é determinar a política ótima que satisfaça de forma plena o objetivo global do sistema em seus n estágios. A esta política dá-se o nome de seqüência ótima (Bellman, 1970). O *Princípio da Otimalidade de Bellman* (Bellman e Adomian, 1985) garante que uma política ótima deve ter a propriedade de que, independentemente do percurso tomado para chegar a um determinado estado, as decisões restantes devem constituir-se numa política ótima a partir daquele estado. Em outras palavras, dado um certo estado de um estágio, a política ótima para os estágios remanescentes é independente da adotada nos estágios previamente analisados.

Este apêndice traz informações úteis para o entendimento da transformada Z, visto que esta é uma prática útil para generalizar funções em processos de Markov (Chen, 1963). Basicamente, conforme Lathi (1974), para entender-se a transformada Z, deve-se considerar uma função de tempo $f^{(n)}$ que toma valores arbitrários $f^{(0)}$, $f^{(1)}$, $f^{(2)}$ e assim por diante, não negativos, discretos, pontos espaçados pelo tempo e que se tornam nulos para valores de tempo negativo. Pode-se definir a transformada Z como mostrado na equação AP5.1.

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} f^{(n)} z^n \quad (\text{AP5.1})$$

A relação entre $f^{(n)}$ e $f^{(z)}$ é única; cada função de tempo tem somente uma transformação e a transformação inversa da transformação produzirá a função de tempo original. A transformada Z é importante no processo de Markov, porque as probabilidades de transição são seqüências geométricas (D'Azzo e Houpis, 1978). A Tabela AP5.1 mostra alguns resultados da transformada Z, apresentados por Oppenheim et al (1983). Com isto, a seguir são apresentados alguns exemplos com a finalidade de esclarecer a correspondência existente entre a função de tempo e a transformada Z:

a) Seja $f^{(n)}$ uma seqüência geométrica definida por $f^{(n)} = \alpha^n$, $n \geq 0$, então $f^{(z)} = \sum_{n=0}^{\infty} (\alpha z)^n$, ou $f^{(z)} = \frac{1}{1 - \alpha z}$;

b) Se $\alpha = 1$, então $f^{(z)} = \frac{1}{1 - z}$;

c) Se $f^{(z)} = \sum_{n=0}^{\infty} \alpha^n z^n$, então $\frac{d}{dz} f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} n \alpha^n z^{n-1}$, e portanto

d) $\sum_{n=0}^{\infty} n \alpha^n z^{n-1} = z \frac{d}{dz} f(z) = z \frac{d}{dz} \left(\frac{1}{1 - \alpha z} \right) = \frac{\alpha z}{(1 - \alpha z)^2}$; e

e) $\sum_{n=0}^{\infty} f^{(n+1)} z^n = \sum_{m=1}^{\infty} f^{(m)} z^{(m-1)} = z^{-1} [f(z) - f(0)]$

Utilização da transformada Z para analisar processos de Markov

Nos processos de Markov também é possível transformar vetores e matrizes para valores correspondentes na transformada Z (Ogata, 1982). Se a transformação da equação

AP5.1 é feita neste sentido, e denotando o vetor $P^{(n)}$ pela notação $\prod(z)$ da transformada Z, obtém-se então a equação AP5.2, o que resultará nas equações AP5.3, AP5.4 e finalmente na equação AP5.5.

$$z^{-1}[\prod(z) - P^{(0)}] = \prod(z)P \tag{AP5.2}$$

$$\prod(z) - z\prod(z)P = P^{(0)} \tag{AP5.3}$$

$$\prod(z)(I - zP) = P^{(0)} \tag{AP5.4}$$

$$\prod(z) = P^{(0)}(I - zP)^{-1} \tag{AP5.5}$$

TABELA AP5.1: Transformada Z

Função Tempo para $n \geq 0$	Transformada Z
$F^{(n)}$	$f^{(z)}$
$f_1^{(n)} + f_2^{(n)}$	$f_1^{(z)} + f_2^{(z)}$
$k f^{(n)}$ (k é uma constante)	$k f^{(z)}$
$f^{(n-1)}$	$z f^{(z)}$
$f^{(n+1)}$	$z^{-1}[f^{(z)} - f^{(0)}]$
α^n	$1/(1 - \alpha z)$
1	$1/(1 - z)$
$n\alpha^n$	$\alpha z/(1 - \alpha z)^2$
N	$z/(1 - z)^2$
$\alpha^n f^{(n)}$	$f^{(\alpha z)}$

Fonte: Compilado de Oppenheim et al (1983).

Nesta última expressão (AP5.5) I representa a matriz identidade. A transformação do vetor de probabilidade de estado é igual ao vetor de probabilidade do estado inicial pós-multiplicado pela inversa da matriz $(I - zP)$; sendo que a inversa de $(I - zP)$ sempre existirá.

Desde que $\tilde{H}^{(n)}$ seja a transformação inversa de $(I - zP)^{-1}$, a inversa da transformação da equação AP5.5 será a expressão AP5.6. Esta equação mostra uma conveniente maneira de calcular o n -ésimo passo da matriz de probabilidade de transição. O ij -ésimo elemento de $\tilde{H}^{(n)}$ representa a probabilidade que o sistema ocupará o estado j no tempo n , dado que ocupou o estado i no tempo $n=0$.

$$p^{(n)} = p^{(0)}\tilde{H}^{(n)} \tag{AP5.6}$$

Segundo Trofino (2000), num processo completamente ergódico a matriz $H^{(n)}$ pode ser interpretada como a soma de uma matriz estocástica constituída de vetores de probabilidade de estado limitante S , com uma matriz com coeficientes geométricos que tendem a zero, quando n torna-se muito grande ($T^{(n)}$). Então, com isto pode-se expressar a matriz $H^{(n)}$ conforme mostrado na equação AP5.7.

$$\tilde{H}^{(n)} = S + \tilde{T}^{(n)} \quad (\text{AP5.7})$$

Muitas vezes é necessário, como visto, a determinação da transformada Z inversa, para isto existem basicamente três métodos. Cada um destes possui características diferentes, vantagens e desvantagens. Os dois métodos mais utilizados segundo Trofino (2000) são: o método da divisão polinomial e o método das frações parciais de $X_{(z)}/z$. O primeiro é uma consequência direta da própria definição de transformada Z e o segundo é o análogo da expansão por frações parciais utilizado na obtenção da transformada inversa de Laplace.