



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS**  
**INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – IPH**



**INFLUÊNCIA DA MATA CILIAR NA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO  
RIBEIRÃO LAJEADO-TO.**

**DALVANY ALVES DE SOUSA LIMA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, sob a orientação do Prof. Dr. André Luiz Lopes da Silveira e co-orientação da Dra. Paula Benevides de Moraes.

**Porto Alegre, abril de 2010**

INFLUÊNCIA DA MATA CILIAR NA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO  
RIBEIRÃO LAJEADO-TO.

Dalvany Alves de Sousa Lima

Orientador: Dr. André Luiz Lopes da Silveira  
Co-orientadora: Dra. Paula Benevides de Moraes

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Porto Alegre, abril de 2010

Banca Examinadora

---

Prof.º David Manuel Lelinho da Motta Marques, Dr.  
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof.º Dieter Wartchow, Dr.  
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof.ª Vanessa Becker, Dra.  
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

*Ao meu querido esposo Jaasiel Lima, pelo apoio, compreensão, carinho e dedicação a qual me foi dada para vencer mais essa etapa da vida.*

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no programa de Pós- Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental por meio do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Universidade Federal do Tocantins–MINTER/IPH/UFT, sob a orientação do Prof. André Luiz Lopes da Silveira.

Quero agradecer às seguintes pessoas e entidades, que contribuíram para tornar possível esta dissertação.

- Em primeiro lugar a Deus, fonte inesgotável de fé, amor e esperança;
- À minha família e amigos pelo amor e compreensão nos momentos difíceis;
- À SRHMA, UFT e IPH/UFRGS, pelo apoio no desenvolvimento do Mestrado;
- Aos professores, as professoras e aos (as) colegas do curso de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental;
- Aos amigos e as amigas que fiz durante o curso de Mestrado;
- Ao NATURATINS – Coordenação de Unidade de Conservação (Parque Estadual do Lajeado) que tanto contribuíram com essa pesquisa;
- À equipe do Laboratório de Microbiologia Ambiental, Setor Hidrobiologia do Campus de Palmas – UFT, pelo apoio nas coletas, análises e preparo de amostras;
- À equipe do Laboratório de qualidade de água do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH/UFRGS, pelo apoio nas análises de carbono e também pelo grande apoio e sugestões do professor Dr. David Motta Marques e das técnicas Dra. Vanessa Becker e Dra. Lúcia Helena, na formatação, análises de PCA, regressões lineares e nas correções dadas pelos mesmos;
- Agradeço de forma especial aos Professores Dr. André Luiz Lopes da Silveira, Paula Benevides de Moraes, que me orientaram e co-orientaram, sempre me incentivando e acreditando na conclusão deste trabalho.

## RESUMO

### INFLUÊNCIA DA MATA CILIAR NA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO RIBEIRÃO LAJEADO-TO.

Dalvany Alves de Sousa Lima

Orientador: Dr. André Luiz Lopes da Silveira  
Co-orientadora: Dra. Paula Benevides de Moraes

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 a orientação do Prof. Dr. André Luiz Lopes da Silveira e da Dra. Paula Benevides de Moraes.

O trabalho apresenta resultados de um estudo sobre a influência da mata ciliar na análise qualitativa e dados quantitativos de água, em três pontos pertencentes à bacia do Ribeirão Lajeado-TO, cuja área é de 612,77 Km<sup>2</sup>. Os três pontos delimitados para a realização do estudo foram: Trecho do Ribeirão Lajeado (Ponto 1) com 22,09% de mata ciliar; Córrego Brejo da Passagem (Ponto 2) com 14,80% e Contribuinte do Ribeirão Lajeado (Ponto 3) com 49,08%. O objetivo principal do estudo foi avaliar a influência da mata ciliar na qualidade da água na bacia do Ribeirão Lajeado. Os dados estatísticos descritivos, mostraram que os três pontos no período chuvoso apresentaram flutuações significativas de algumas variáveis analisadas. O ponto 3, bacia mais preservada, apresentou gradientes maiores de temperatura, nitrogênio inorgânico dissolvido, pH e froude. Os pontos 1 e 2, as bacias consideradas menos conservadas, mostraram maiores flutuações das variáveis, no mesmo período amostral. O ponto 1 apresentou variações dos valores de sólidos totais dissolvidos, condutividade, transparência e nitrogênio orgânico relativamente mais altas. No ponto 2, a vazão apresentou valor mais elevado. A turbidez, nitrogênio total, sólidos totais, matéria orgânica, alcalinidade, oxigênio dissolvido tiveram também valores elevados neste ponto. O fosfato apresentou variações similares nos pontos 1 e 2. Durante o período seco, nota-se que o ponto 1 apresentou variações maiores nas concentrações de temperatura, condutividade, sólidos totais dissolvidos e transparência. A turbidez, pH, alcalinidade, nitrogênio inorgânico dissolvido, sólidos totais, matéria orgânica e Froude, demonstraram um gradiente relativamente alto no ponto 2. As concentrações das variáveis oxigênio dissolvido, nitrogênio (orgânico e total) e a vazão, apresentaram valores mais altos no ponto 3. A variável fosfato mostrou valores similares em todos os pontos. Os resultados de forma geral na análise de componentes principais demonstraram tendências para dois gradientes, temporal e espacial. No gradiente temporal, foi verificada a segregação dos períodos chuvoso e seco, onde foi analisado o comportamento das variáveis em ambos e no gradiente espacial observou -se a correlação entre os pontos e campanhas adotadas e o desempenho das variáveis físicas, químicas e hidrológicas. Em relação a dinâmica do carbono orgânico total e o carbono inorgânico dissolvido, pode evidenciar respostas mais significantes no período chuvoso, com valores mais expressivos nos pontos 1 e 2. No período seco analisado, observou-se que o ponto 3, apresentou valores mais elevados de carbono orgânico total, e o ponto 1 de carbono inorgânico dissolvido. De acordo com os resultados de outros testes estatísticos aplicados de forma integrada nos dois períodos analisados, verificou-se relações positivas entre: CND x

STD; Zsd x Q; OD x Q e MO x ST, no ponto 1. Ainda no Ponto 1 os testes demonstraram correlação negativa nas relações OD x Froude e OD x STD. No ponto 2, verificou-se relações diretamente proporcionais entre as variáveis: T x Q; Zsd x Q; OD x Q; CND x STD e MO x ST. No ponto 3 observou-se também relações positivas entre as variáveis, T x Q; CND x STD e MO x ST; e relações negativas entre STD x (Froude e Q). Com relação ao comportamento hidrológico, especificadamente a vazão específica, nos respectivos pontos estudados observou-se que o percentual de cobertura de mata ciliar no ponto 3, influenciou positivamente nos resultados dessa variável, no período seco. No período chuvoso, notou-se que os dados apresentaram valores relativamente mais baixos no mês de março. Os pontos 1 e 2, consideradas as bacias com menores percentuais de mata ciliar, demonstraram comportamentos diferentes nos resultados de vazões específicas. No período chuvoso as vazões específicas, com exceção do ponto 2 em parte do período de abril a maio, foram elevadas, o que possivelmente pode estar associado ao aumento do escoamento superficial neste período. Notou-se, entretanto, que no período seco, esses valores sofreram um decréscimo bastante significativo. De maneira geral para avaliar a possível influência da mata ciliar na qualidade da água, outros estudos devem ser realizados e aprofundados considerando características peculiares do ciclo hidrológico local, bem como monitoramento do transporte e deposição de sedimentos e a caracterização dos ciclos de nutrientes na água e nos ecossistemas de mata ripária, além de uma cuidadosa caracterização e quantificação das alterações no uso do solo.

Palavras-chaves: mata ciliar, qualidade, quantidade, períodos, bacia de Lajeado.

## ABSTRACT

### INFLUENCE OF RIPARIAN VEGETATION ON WATER QUALITY IN THE RIBEIRÃO LAJEADO - TO BASIN.

Dalvany Alves de Sousa Lima

This study was conducted at the Post-Graduate Engineering Water and Environmental Sanitation Institute of Hydraulic Research, Federal University of Rio Grande do Sul, under the supervision of Dr. André Luiz Lopes da Silveira and Dra. Paula Benevides de Moraes.

The paper presents results of a study on the influence of riparian vegetation in qualitative and quantitative data of water at three points belonging to the basin of Lajeado stream-TO, whose area is 612.77 km<sup>2</sup>. The three points chosen for the study were: stretch of Lajeado stream (Point 1) with 22.09% of riparian vegetation; brejo da Passagem stream (Point 2) with 14.80% and Coducive of Lajeado stream (Point 3) with 49.08%. The main objective of the study was to assess the influence of riparian vegetation on water quality in the Lajeado stream basin. Descriptive statistics data showed that the three points in the wet season showed significant fluctuations of some variables analyzed. Point 3 is more preserved basin, showed higher gradients of temperature, dissolved inorganic nitrogen, pH, and Froude. Points 1 and 2 basins considered less conserved, showed greater fluctuations of the variables in the same sample period. Point 1 showed variations in the values of total dissolved solids, conductivity, transparency and relatively higher organic nitrogen. In point 2, the flow were higher. Turbidity, total nitrogen, total solids, organic material, alkalinity, dissolved oxygen values were also high at this point. Phosphate showed similar variations in 1 and 2. During the dry season, it was noted that in point 1 showed greater variations in the concentrations of temperature, conductivity, total dissolved solids and transparency. Turbidity, pH, alkalinity, dissolved inorganic nitrogen, total solids, organic matter and Froude, showed a relatively high gradient in point 2. The concentrations of variables dissolved oxygen, nitrogen (organic and total) and flow, were higher in point 3. The variable phosphate showed similar values at all points. The results generally in principal component analysis showed trends for two gradients, temporal and spatial. In the temporal gradient, there was segregation of the rainy and dry season, where was studied the behavior of both variables. In the spatial gradient it was observed correlation between points and campaigns adopted and performance of physical variables, chemical and hydrological. Concerning the dynamics of total organic carbon and dissolved inorganic carbon, may show the most significant responses in the rainy season, with higher values in point 1 and 2. In the dry period analyzed, it was noted that the point 3 had higher values for total organic carbon, and the point 1 of dissolved inorganic carbon. According to the results of other statistical tests applied in an integrated way in the two study periods analyzed, it was found positive relationships between: CND x STD; ZSD x Q; OD x Q and MO x ST in point 1. Still in Point 1, the tests showed a negative correlation in the relationship OD x Froude and OD x STD. In Point 2, it was observed that there was directly proportional relationship between the varied: T x Q, ZSD x Q; OD x Q; CND x STD end MO x ST. Point 3 was also observed positive relationships between the variables, T x Q; CND x STD and MO x ST and negative relationships between STD x (Froude and Q). With regard to hydrology, specifically the flow specifies, in their points studied it was observed that the percentage coverage of riparian vegetation in point 3, positively influenced the results of that variable in the dry period. In the rainy season, it was noted that the data showed relatively

lower values in March. Points 1 and 2, considering the basins with smaller percentages of riparian vegetation, showed different behaviors on the results of specific flow rates. In the rainy season the specific flows, with the exception of point 2 in part the period from April to May, were high, which possibly can be associated with increased outflow superficial in this period. It was noted, however, that in the dry season, these values have undergone a fairly significant decrease. Generally to assess the possible influence of riparian vegetation on water quality, further studies should be conducted and detailed considering the peculiar characteristics of local hydrological cycle, as well as monitoring the transport and deposition of sediments and the characterization of the nutrient cycles in water and riparian forest ecosystems, beyond of a careful characterization and quantification of changes in land use.

Keywords: riparian vegetation, quality, quantity, seasons, Lajeado basin.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>xvii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
1.1. Justificativa.....	20
1.2. Objetivo.....	20
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>21</b>
2.1 Mata Ciliar.....	21
2.1.1 Aspectos legais .....	23
2.1.2. Fatores determinantes para a ocorrência de matas ciliares.....	29
2.1.3 Florística de florestas ciliares .....	29
2.1.4 Funções da mata ciliar .....	30
2.1.4.1 Funções Hidrológicas .....	30
2.1.4.2 Ciclagem de nutrientes .....	35
2.2 Qualidade e Quantidade de água.....	36
2.3 Mata ciliar na Bacia do Ribeirão Lajeado -TO .....	39
2.4 Bacias hidrográficas: usos e gerenciamento.....	40
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>43</b>
3.1. Estratégia Metodológica.....	43
3.2. Área de Estudo .....	43
3.3. Identificação e delimitação dos pontos amostrais.....	46
3.4. Passos analíticos do geoprocessamento .....	48
3.4.1 Recorte das Imagens.....	48
3.4.2 Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra.....	48
3.4.3 Realçamento das imagens.....	48
3.4.4 Segmentação das Imagens.....	49
3.4.5 Classificação da Imagem.....	49
3.4.6 Mapeamento da Imagem .....	49
3.4.7 Edição Matricial .....	50
3.5. Estratégias adotadas para mapear o uso e ocupação da terra .....	50

3.6. Caracterização Hidrológica .....	51
3.7. Caracterização físico-química da água.....	52
3.7.1 Amostragem .....	52
3.7.2 Análises laboratoriais .....	53
3.8. Análise de dados.....	54
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
4.1. Variáveis ambientais .....	56
4.2. Variáveis hidrológicas, físicas e químicas .....	58
4.3. Dinâmica do Carbono Orgânico Total e Carbono Inorgânico Dissolvido .....	79
4.4 Análise do comportamento da vazão específica com os pontos estudados.....	81
<b>5. CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>84</b>
<b>6. RECOMENDAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>86</b>

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Variáveis analisadas no laboratório de Microbiologia Ambiental, Setor Hidrobiologia da UFT e do laboratório de qualidade de água do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, da UFRGS, com as respectivas unidades de medida, simbologia e metodologia aplicada.....	53
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Largura da Área de Preservação Permanente (APP) em função do tipo de corpo d'água. ....	23
Tabela 2 - Relação dos estudos revisados, conforme Silva (2003). ....	25
Tabela 3 - Valores de área (ha) e porcentagem (%) de oito classes, de uso e ocupação do solo, no trecho delimitado do Ribeirão Lajeado (Ponto 1), Córrego Brejo da Passagem (Ponto 2) e Contribuinte do Ribeirão Lajeado (Ponto 3), Palmas –TO. ....	56
Tabela 4 - Médias, mínimas, máximas, $\pm$ desvio padrão e coeficiente de variação das concentrações das variáveis T = temperatura ( $^{\circ}$ C), CND = condutividade ( $\mu$ S.cm <sup>-1</sup> ), OD = oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> ), pH = potencial hidrogeniônico, ALC = alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> ), NID = nitrogênio inorgânico dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> ), NO = nitrogênio orgânico (mg.L <sup>-1</sup> ), NT = nitrogênio total (mg.L <sup>-1</sup> ), PO4 = fosfato (mg.L <sup>-1</sup> ), Zsd = transparência (m), TBZ = Turbidez (NTU), STD = sólidos totais dissolvidos (mg.L <sup>-1</sup> ), ST = sólidos totais (mg.L <sup>-1</sup> ), MO = matéria orgânica (mg.L <sup>-1</sup> ), Q = vazão (m <sup>3</sup> /s) e Froude = n <sup>o</sup> de froude, nos pontos 1, 2 e 3, referente ao período chuvoso.....	59
Tabela 5 - Médias, mínimas, máximas, $\pm$ desvio padrão e coeficiente de variação das concentrações das variáveis T = temperatura ( $^{\circ}$ C), CND = condutividade ( $\mu$ S.cm <sup>-1</sup> ), OD = oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> ), pH = potencial hidrogeniônico, ALC = alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> ), NID = nitrogênio inorgânico dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> ), NO = nitrogênio orgânico (mg.L <sup>-1</sup> ), NT = nitrogênio total (mg.L <sup>-1</sup> ), PO4 = fosfato (mg.L <sup>-1</sup> ), Zsd = transparência (m), TBZ = Turbidez (NTU), STD = sólidos totais dissolvidos (mg.L <sup>-1</sup> ), ST = sólidos totais (mg.L <sup>-1</sup> ), MO = matéria orgânica (mg.L <sup>-1</sup> ), Q = vazão (m <sup>3</sup> /s) e Froude = n <sup>o</sup> de froude, nos pontos 1, 2 e 3, referente ao período seco. ....	64
Tabela 6 - Resultados da regressão linear no ponto 1, que descrevem relações entre CND - Condutividade, Zsd – Transparência , OD – Oxigênio Dissolvido, MO – Matéria Orgânica (variáveis dependentes) e variáveis físicas, químicas e hidrológicas.....	69
Tabela 7 - Resultados da regressão linear no ponto 2, que descrevem relações entre CND - Condutividade, T - Temperatura, OD – Oxigênio Dissolvido, Zsd – Transparência, MO – Matéria Orgânica (variáveis dependentes) e variáveis físicas, químicas e hidrológicas.....	70
Tabela 8 - Resultados da regressão linear no ponto 3, que descrevem relações entre T - Temperatura, STD – Sólidos Totais Dissolvidos, CND - Condutividade, MO – Matéria Orgânica (variáveis dependentes) e variáveis físicas, químicas e hidrológicas. ....	71

Tabela 9 - Médias, mínimas, máximas,  $\pm$  desvio padrão e coeficiente de variação das concentrações das variáveis COT – Carbono Orgânico Total ( $\text{mg/L}^{-1}$ ) e CID – Carbono Inorgânico Dissolvido ( $\text{mg/L}^{-1}$ ), referente aos períodos chuvoso e seco, nos pontos 1, 2 e 3. 80

Tabela 10 - Médias da variável  $Q_{\text{esp}}$  – vazão específica ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ), referente aos meses de março (mar), abril (abr), maio (mai), agosto (ago) e setembro (set), nos pontos 1, 2 e 3. .... 82

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Larguras ideais para as funções da zona ripária. ....	28
Figura 2 - Faixas estimadas pelos estudos pesquisados. ....	28
Figura 3 - Esquema do “efeito oásis” da zona ripária .....	31
Figura 4 - Influência da floresta ciliar na irradiação solar e perda por irradiação.....	33
Figura 5 - Variação máxima média da temperatura diária da água (em c°) em relação às .....	34
Figura 6 - Área de estudo – Bacia do Ribeirão Lajeado – TO. ....	44
Figura 7 - Mapa das Unidades de Conservação da APA do Lajeado-TO. ....	45
Figura 8 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo do .....	45
Figura 10 - Mapas de Uso e ocupação do solo nos pontos estudados.....	57
Figura 11 - Médias das concentrações das variáveis, Turbidez – TBZ, Sólidos Totais Dissolvidos – STD e Oxigênio Dissolvido - OD, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3. ....	60
Figura 12 - Médias das concentrações das variáveis, Alcalinidade – ALC, Nitrogênio Inorgânico Dissolvido – NID, Nitrogênio Orgânico - NO e Nitrogênio Total – NT, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.....	60
Figura 13 - Médias das concentrações das variáveis, Fosfato – PO <sub>4</sub> , Sólidos Totais – ST e Matéria Orgânica – MO, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3. ....	60
Figura 14 - Médias das concentrações da variável, Condutividade – CND, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.....	60
Figura 15 - Médias das concentrações da variável, Temperatura – T, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.....	61
Figura 16 - Médias das concentrações da variável, Potencial Hidrogeniônico – pH, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.....	61
Figura 17 - Médias das concentrações da variável, Vazão – Q, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3. ....	61
Figura 18 - Médias das concentrações da variável Froude – Fr, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.....	61
Figura 19 - Médias da variável Transparência –Zsd, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3. ....	61
Figura 20 - Médias das concentrações das variáveis, Turbidez – TBZ, Sólidos Totais Dissolvidos – STD e Oxigênio Dissolvido - OD, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3. ....	65

Figura 21 - Médias das concentrações das variáveis, Alcalinidade – ALC, Nitrogênio Inorgânico Dissolvido – NID, Nitrogênio Orgânico -NO e Nitrogênio Total – NT, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3. ....	65
Figura 22 - Médias das concentrações das variáveis, Fosfato – PO <sub>4</sub> , Sólidos Totais – ST e Matéria Orgânica – MO, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3. ....	65
Figura 23 - Médias das concentrações da variável Temperatura - T, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3. ....	65
Figura 24 - Médias das concentrações da variável, Condutividade - CND, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3. ....	65
Figura 25 - Médias das concentrações da variável, Potencial Hidrogeniônico - pH, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3. ....	65
Figura 26 - Médias das concentrações da variável Froude - Fr, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3. ....	66
Figura 27 - Médias das concentrações da variável Vazão -Q, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3. ....	66
Figura 28 - Médias da variável Transparência - Zsd, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3. ....	66
Figura 29 - Relações entre (a) Condutividade – CND e Sólidos Totais Dissolvidos – STD; (b) Transparência – Zsd e Vazão – Q; (c) Oxigênio Dissolvido – OD e número de Froude - Froude; (d) OD e Q; (e) OD e STD; (f) Matéria Orgânica - MO e Sólidos Totais – ST, no ponto 1. ....	68
Figura 30 - Relações entre (a) Temperatura – T e Vazão – Q; (b) Oxigênio dissolvido – OD e Vazão - Q; (c) Transparência – Zsd e Vazão – Q; (d) Condutividade – CND e Sólidos Totais Dissolvidos – STD; (e) Matéria Orgânica – MO e Sólidos Totais – ST, no ponto 2. ....	69
Figura 31- Relações entre (a) Temperatura – T e Vazão – Q ; (b) Condutividade – CND e Sólidos Totais Dissolvidos – STD; (c) Matéria orgânica – MO e Sólidos Totais – ST; (d) Sólidos Totais Dissolvidos – STD e número de Froude - Froude; (e) Sólidos Totais Dissolvidos – STD e Vazão – Q, no ponto 3. ....	70
Figura 32 - Relações entre Condutividade – CND ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) e Sólidos Totais Dissolvidos – STD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nos pontos 1, 2 e 3. ....	73
Figura 33 - Relações entre Transparência (m) e Vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), nos pontos 1, 2 e 3. ....	73
Figura 34 - Relações entre OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Froude (Fr), nos pontos 1, 2 e 3. ....	73
Figura 35 - Relações entre OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), nos pontos 1, 2 e 3. ....	73
Figura 36 - Relações entre OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Sólidos Totais Dissolvidos ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nos pontos 1, 2 e 3. ....	74

Figura 37 - Relações entre MO ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Sólidos Totais ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nos pontos 1, 2 e 3.....	74
Figura 38 - Relações entre T ( $^{\circ}\text{C}$ ) e Vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), nos pontos 1, 2 e 3.....	74
Figura 39 - Relações entre STD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), nos pontos 1, 2 e 3. ....	74
Figura 40 - Relações entre STD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Froude (Fr), nos pontos 1, 2 e 3.....	74
Figura 41 - Distribuição dos escores resultantes da análise dos componentes principais nos períodos 1= $\Delta$ , chuvoso e período 2 = $\bullet$ , seco, em 2009.....	77
Figura 42 - Médias das concentrações das variáveis – Carbono Orgânico Total – COT ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Carbono Inorgânico Dissolvido – CID ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), no Período Chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3. ....	80
Figura 43 - Médias das concentrações das variáveis – Carbono Orgânico Total – COT ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Carbono Inorgânico Dissolvido – CID ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), no Período seco, nos pontos 1, 2 e 3. .	80
Figura 44 - Médias de vazão específica observadas no estudo nos pontos 1, 2 e 3. ....	82

## APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi concebido como requisito para obtenção de título do curso de mestrado interinstitucional em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, proporcionado pelas Universidades Federais do Tocantins – UFT e do Rio Grande do Sul – UFRGS, com diretrizes gerenciadas pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS. A orientação e co-orientação desta dissertação esteve a cargo do professor Dr. André Luiz Lopes da Silveira IPH/UFRGS e da professora Dra. Paula Benevides de Moraes UFT.

A proposição deste estudo, de analisar a influência da mata ciliar na qualidade da água na bacia do Ribeirão Lajeado-TO, surgiu da necessidade de obter informações teóricas e práticas de apoio à gestão da bacia e conservação e preservação dos recursos hídricos como um todo, colaborando para o entendimento dos processos de supressão de vegetação ciliar e a sua possível relação com a disponibilidade qualitativa da água. A bacia situa-se em uma área de grande interesse para fins de planejamento de uso racional e gestão dos recursos hídricos, em função de contribuir diretamente para o reservatório da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães, que gera energia ao mesmo tempo em que tem funções de recreação e turismo para a cidade de Palmas, devendo, portanto, ser preservada a qualidade de suas águas.

Assim, é apresentado no título Introdução o tema propriamente dito. A seguir os subtítulos Justificativa e Objetivos que esclarecem a motivação e metas do trabalho. Em seguida uma Revisão de Literatura que apresenta o estado da arte do conhecimento sobre mata ciliar, sobre os recursos hídricos e a bacia hidrográfica.. A Metodologia contendo a estratégia metodológica da pesquisa, principais características da bacia (área, localização, aspectos geográficos, uso e ocupação), delimitação territorial, hidrografia, relevo, geomorfologia, vegetação, clima, tratamento de imagens satélites para aquisição dos percentuais de vegetação ciliar, usos e ocupações do solo, área de drenagem dos pontos amostrais delimitados, variáveis hidrológicas qualiquantitativas, métodos de coleta de água e medição de dados hidrológicos, além do teste estatístico utilizado para a análise e discussão dos resultados. O título Resultados e Discussão apresenta as tabelas, quadros, figuras e os testes estatísticos realizados, além da análise dos dados em contraponto aos conhecimentos existentes atuais. Por fim o título Conclusões Gerais, acerca da pesquisa realizada, Recomendações Gerais que poderão subsidiar trabalhos futuros e as Referências bibliográficas.

## 1. INTRODUÇÃO

A mata ciliar, caracterizada como formações florestais, localizadas às margens de rios, lagos, nascentes e demais cursos e reservatórios de água, desempenha importante função ambiental na manutenção da qualidade da água, estabilidade dos solos, áreas marginais e na regularização do regime hídrico (Alvarenga, 2004).

Existem duas zonas dentro de uma bacia que possuem particular importância para a manutenção da quantidade e qualidade da água: as áreas de recarga hídrica e as zonas ripárias, onde estão normalmente localizadas as matas ciliares. As áreas de recarga hídrica são responsáveis pela recepção da água que precipita e penetra no solo, chegando aos cursos d'água. Nas zonas ripárias às margens dos cursos d'água, as matas ciliares se desenvolvem e tem um importante papel como barreira física (entre outros) regulando os processos de troca entre o ambiente terrestre e o aquático. Ambas precisam ser protegidas para garantir água de boa qualidade nas bacias hidrográficas (Marques *et al.*, 2005).

A água de chuva que se precipita sobre uma mata segue diversos caminhos. A interceptação da água acima do solo pelas folhas participa na formação de novas massas atmosféricas úmidas, enquanto os pingos de água que atravessam a copa ou escoam pelo tronco, atingem o solo e o seu folheto. De toda a água que chega ao solo, uma parte tem escoamento superficial, chegando de alguma forma aos cursos d'água ou aos reservatórios de superfície. A outra parte sofre armazenamento temporário por infiltração no solo, podendo ser liberada para a atmosfera através da evapotranspiração, manter-se armazenada por mais algum tempo ou percolar como água subterrânea. A água no solo que não for evapotranspirada, ou que não migrar para camadas profundas, termina por escoar da floresta paulatinamente, compondo o chamado deflúvio, que alimenta os mananciais e possibilita os seus usos múltiplos (Braga, 2005).

A água, por não ser o único elemento natural do ambiente, não deve ser visto isoladamente (Lanna, 1995). Assim, a presença ou ausência de cobertura florestal em uma bacia hidrográfica influencia a qualidade e a quantidade da água. Da mesma forma, as formas de uso do solo são determinantes para a conservação dos mananciais hídricos. Verifica-se, portanto, que a gestão ambiental de uma bacia hidrográfica deve contemplar a qualidade e o gerenciamento da oferta e da demanda dos outros recursos naturais, como o solo, o ar, a fauna, a flora e a energia.

Com o crescimento populacional, aliado ao desenvolvimento econômico, diversos fatores têm contribuído para o aumento de pressões e degradações em sistemas ambientais. Estes recursos uma vez alterados podem interferir diretamente e indiretamente na manutenção dos aspectos qualitativos da água, na estabilidade dos solos e na regularização do regime hídrico.

No intuito de manter um ecossistema e garantir o mínimo de vegetação que preserve e conserve os cursos d'água saudável, muitos países adotaram faixas protetoras às margens dos rios através de leis específicas de conservação ou manejo. No Brasil, a Lei Federal nº 4.771 de 15/09/65, alterada pela Lei Federal 7803 de 18/07/89 que institui o Código Florestal definindo mata ciliar, como sendo a formação vegetal localizada nas margens dos rios, córregos, lagos, represas e nascentes, considerada como “área de preservação permanente”, com diversas funções ambientais.

Apesar de sua importância ambiental e, mesmo sendo áreas de preservação permanente protegidas por legislação, as matas ciliares continuam sendo removidas em várias partes do Brasil (Alvarenga, 2004).

A redução destas matas tem causado um aumento significativo nos processos de erosão dos solos, como prejuízo a hidrologia regional, redução da biodiversidade e a degradação de grandes áreas (Barbosa, 1999).

Assim, a cobertura florestal/vegetal em uma bacia hidrográfica contribui decisivamente para regularizar a vazão dos cursos d'água, aumentar a capacidade de armazenamento nas microbacias, reduzir a erosão, diminuir os impactos das inundações e manter a qualidade da água. Além dessas contribuições hidrológicas, as florestas propiciam conservação da biodiversidade, alternativas econômicas de exploração sustentável da biota, educação e pesquisa científica, desfrute de belezas cênicas, turismo e lazer, e até contribuição para a redução do efeito estufa, através da captura do carbono atmosférico (Braga, 2005).

O principal objetivo deste trabalho é compreender a influência da vegetação ciliar na manutenção da qualidade da água na bacia do Ribeirão Lajeado – TO, através de informações percentuais de vegetação ciliar em pontos amostrais definidos e contemplado na bacia em estudo (afluentes diretos), análises qualitativas de água e dados relacionados à descarga hídrica. Desse modo, espera-se com os resultados obtidos, determinar tendências e saídas para a manutenção da qualidade da água de uma bacia situada no território do Cerrado central do Brasil, por meio da relação direta com a vegetação ciliar.

### **1.1. Justificativa**

Mesmo estando inserida numa Área de Proteção Ambiental e uma parte num Parque de Proteção Integral, a bacia do Ribeirão Lajeado apresenta alguns indícios antrópicos, como desmatamentos, aumento de material dissolvido e particulado (orgânico e inorgânico) no curso d'água, queimadas e ainda introdução de espécies vegetais exóticas. Investigações voltadas à descrição de fatores relacionados à possível influência da mata ciliar na qualidade da água são de grande importância para o desenvolvimento social, econômico e ambiental do Estado do Tocantins. Apesar de alguns estudos de qualidade e quantidade de água, relacionados ao uso e ocupação do solo estarem sendo desenvolvidos no estado, poucos trabalhos técnicos e científicos são dedicados especificadamente com relação a interface mata ciliar e qualidade da água em bacias hidrográficas. A proteção adequada e a integridade total dos recursos naturais da bacia a ser estudada são de grande valia, pois garantirá a manutenção qualiquantitativa de suas águas.

Assim a proposta deste trabalho consiste em analisar a influência da mata ciliar na qualidade da água na bacia do Ribeirão Lajeado – TO e também na possibilidade de subsidiar futuros estudos para a conservação e preservação dos recursos hídricos no Estado do Tocantins.

### **1.2. Objetivo**

Avaliar a influência da mata ciliar na qualidade da água na bacia do Ribeirão Lajeado no município de Palmas – TO.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Mata Ciliar

A mata ou floresta ciliar é um componente de fundamental importância para a manutenção da integridade de uma bacia hidrográfica, devido às diversas funções e por sua ação direta em uma série de processos importantes para a sustentabilidade da sub-bacia (Lima & Zakia, 2001). Estas florestas ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, tanto em termos hidrológicos, ecológicos e geomorfológicos, sendo chamados de zona ripária.

A zona ripária, também conhecida como Área Variável de Afluência (AVA), é aquela onde o lençol freático é pequena, ocorrendo uma grande interação entre o lençol e os demais componentes do ambiente (Zakia, 1998). Em tese, seus limites laterais se estendem até o alcance da planície de inundação (Lima & Zakia, 2000).

Estas áreas ripárias desempenham desta forma, papel importante na resposta hidrológica da microbacia a um evento de chuva. Por outro lado, devido à sua condição permanente de saturação, propicia, também, a chamada vegetação ripária. Esta associação, por sua vez, está, também, intimamente relacionada com as condições do próprio curso d'água, numa cadeia de inter-relações, que tem sido denominada “ecossistema ripário” (Likens, 1992 *Apud* Zakia, 1998).

Os conceitos de vegetações ripárias variam de acordo com a perspectiva de cada autor. Geralmente eles abordam nos componentes em que a paisagem está incluída, nas características e peculiaridades que a compõe, nas escalas em que são consideradas, ou nas leis de melhorias das práticas de manejo para qualidade de água. A função de um ecossistema engloba um conjunto de processos que governam o fluxo de energia e materiais (como luz solar, carbono, água e nutrientes). A definição de Ilhardt *et al.* (1999) para zona ripária inclui o corpo d'água, a margem do riacho e partes das áreas altas que tem uma forte ligação com a água. Ainda seguindo essa definição dos respectivos autores, as bordas das áreas ripárias típicas são menos uniformes do que aquelas associadas com uma distância pré-fixada com faixas tampão ou faixas filtro. As áreas ripárias são delineadas de acordo com a distância da água, que influencia na mudança de função do ecossistema. Essas áreas são sujeitas tanto ao maior escoamento superficial de zonas saturadas como ao maior escoamento subsuperficial (horizontes saturados próximos à água subterrânea).

Para outros autores nos quais testaram diversos experimentos, indicaram que a manutenção de uma boa cobertura vegetal é de fundamental importância para o controle do processo erosivo. Essas observações foram realizadas a partir do efeito da proteção vegetal sobre o escoamento superficial e sobre as próprias perdas do solo por erosão (Croft e Bailey, 1964).

Muitos autores abordam as matas ciliares como sendo de vital importância na proteção de mananciais, controlando a chegada de nutrientes, sedimentos, adubos e agrotóxicos e o processo de erosão das ribanceiras que provocará assoreamento de mananciais, influenciando também nas características físicas, químicas e biológicas dos corpos d'água e principalmente na qualidade da água (Bertoni, 1987; Delitti, 1989; Lima, 1989; Harper *et al.*, 1992; Davide & Botelho 1999; Carvalho, 2000).

Delitti, (1989) e Rachwel & Camati (2001) confirmam a hipótese de que as florestas ripárias atuam como filtros de água que atravessa o conjunto de sistemas componentes da bacia de drenagem, sendo determinantes, também, nas características físicas, químicas e biológicas dos corpos d'água. Isto faz com que estes locais sejam protegidos por lei, constituindo-se em áreas de preservação permanente (Lei nº 4.771/65, BRASIL, 2008).

A presença de vegetação ciliar é importante pela suas funções, com efeitos não apenas locais, mas que refletem na qualidade de vida de toda população sob influência de uma bacia hidrográfica (Davide *et al.*, 2000).

A importância da preservação ou restauração das florestas ao longo dos rios e ao redor de lagos e reservatórios fundamenta-se ainda no amplo espectro de benefícios que este tipo de vegetação traz ao ecossistema, exercendo função protetora sobre os recursos naturais bióticos e abióticos. As áreas ripárias apresentam importantes funções hidrológicas, ecológicas e limnológicas para a integridade biótica e abiótica do sistema. Do ponto de vista da biologia dos peixes, a mata ciliar possui as seguintes funções ecológicas: 1) proteção estrutural dos habitats; 2) regulação do fluxo e vazão de água; 3) abrigo e sombra; 4) manutenção da qualidade da água; 5) filtragem de substâncias que chegam ao rio; 6) fornecimento de matéria orgânica e substrato de fixação de algas e perifíton (Barrella *et al.*, 2000 *apud* Moretto 2005).

A presença da vegetação ribeirinha fez com que se notasse uma maior diversidade de peixes e comunidades com maior grau de especializações. Barrella *et al.* (1994) *apud* Moretto (2005), verificaram diferenças morfológicas e comportamentais entre as ictiofaunas de dois rios brasileiros que sofrem diferentes graus de impactos e desmatamento. Em um rio melhor preservado, há uma comunidade de peixes com elevado grau de especialização morfológica,

referente ao comportamento alimentar e atividade natatória. A ictiofauna do outro rio, menos preservado, apresentou-se menos especializada, com predominância de espécies generalistas e capazes de pequenos deslocamentos migratórios.

### 2.1.1 Aspectos legais

As matas ciliares estão relacionadas no art. 2º da Lei nº 4.771/65 (BRASIL, 2008). Esta lei (Código Florestal) define como áreas de preservação as florestas e demais formas de vegetação existentes ao redor dos rios, lagos, nascentes, lagoas e reservatórios, especificando, na maioria das situações, a dimensão mínima da faixa marginal que deve ser preservada. Esta faixa varia de 30 a 500m em cada margem, dependendo da largura dos cursos d'água.

Mais recentemente, tendo em vista a necessidade de se regulamentar o artigo 2º do Código Florestal, entrou em vigor a Resolução nº 303, de 20 de março de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002). Essa resolução estabelece os parâmetros, definições e limites referentes às Áreas de Preservação Permanente, (Tabela 1).

Tabela 1 - Largura da Área de Preservação Permanente (APP) em função do tipo de corpo d'água.

Largura do canal de drenagem	Largura da APP
10 m ou menor	30 m em cada margem
de 10 a 50 m	50 m em cada margem
de 50 a 200 m	100 m em cada margem
Lagos ou reservatórios em zonas rurais com menos de 20 ha	50 m ao redor do espelho d'água
Lagos ou reservatórios em zonas rurais com área a partir de 20 ha	100 m ao redor do espelho d'água

Os limites simétricos e regulares ao longo da microbacia determinados pelas legislação como áreas de preservação permanente, necessita, de informações mais precisas para que a área protegida seja otimizada e possa assim cumprir da melhor forma seu papel ecológico e hidrológico, importantes para a biodiversidade e os recursos hídricos (Attanasio, 2004).

Clinnick (1985) em uma revisão extensiva sobre o assunto concluiu que a largura mais indicada para a faixa ciliar, visando a proteção dos cursos d'água em área florestais, é de 30 metros. No entanto é reconhecido que a delimitação da zona ripária na microbacia nem sempre se restringe ao que se estabelece o código florestal, porém a faixa ciliar de 30 metros pode realizar o papel físico de proteção dos cursos d'água (Zakia, 1998). A zona ripária está intimamente ligada ao curso d'água, mas seus limites não são facilmente demarcados. Os processos físicos que moldam continuamente os leitos dos cursos d'água impõem a necessidade de se considerar um padrão temporal de variação da zona ripária. O limite a montante, por exemplo, seria a nascente, mas a zona saturada da microbacia poderia se expandir consideravelmente durante parte do ano, o que implica na necessidade de se considera áreas côncavas das cabeceiras como parte integrante da zona ripária (Lima & Zakia, 2004).

Barcelos *et al.*(1995) *apud* Lima e Brandão (2002), chamam atenção para o fato de que, as Áreas de Preservação Permanente (APP) demanda atenção especial porque está voltada para a preservação da qualidade das águas, vegetação e fauna, bem como para a dissipação de energia erosiva. A legislação reconhece sua importância como agente regulador da vazão fluvial, conseqüentemente das cheias, preservadora das condições sanitárias para o desenvolvimento da vida humana nas cidades.

A Tabela 2 mostra de forma resumida os estudos gerais realizados, com relação à estimativa de largura de faixas ciliares recomendadas, de acordo as funções desempenhadas pelas mesmas. Os campos preenchidos com “-“, segundo Silva (2003) não puderam ser extraídos dos trabalhos ou não tem relação com o tipo de metodologia utilizada. Por exemplo: Taxa de aplicação em estudos utilizando modelos ou estudos em campo.

Tabela 2 - Relação dos estudos revisados, conforme Silva (2003).

Autor	Fator analisado	Taxa de aplicação	Vegetação	Decliv.	Solo	Metodologia	Data	Largura / Eficiência
HAUPT & KIDD JR. (1965)	Sedimento produzido por corte de madeira	-	<i>Pinus ponderosa pseudotsuga menziesii</i>	35 - 50%, 70% em alguns casos	"loam" arenoso c/ pedras	Bacia experimental Boise, Idaho, EUA	1954 - 1960	9m
DOYLE, WOLF & BEZDICEK (1974)	Fósforo, Nitrogênio	-	Floresta	35 e 40%	-	-	-	Não relacionada. Eficiência de 83 a 91% para as declividades
DOYLE & STANTON & WOLF (1977) <sup>2</sup>	Nitrogênio, fósforo e potássio	-	Gramma	10,00%	-	-	-	3.8m
CORBETT, LYNCH & SOPPER (1978)	Nutrientes, temperatura da água, turbidez e sedimentos	-	-	-	-	Bacias experimentais no leste dos EUA	1965 - 1968 / 1973 - 1975	12m para controle de temp. 20 a 30m proteção do ecos
YOUNG, HUNTRODS & ANDERSON (1980) <sup>2</sup>	Nitrogênio, fósforo, nitrato, coliforme, amônia e fosfato	-	Milho, cevada e outros	4,00%	-	-	-	Eficiência de 69% a 93% com faixas entre 21.3 - 27.4m
DICKEY & VANDERHOLM (1981) <sup>2</sup>	Nitrogênio, sólidos suspensos, DQO e fósforo	-	-	0,50%	-	-	-	Eficiência de 73.1 a 96.3% para faixa de 91m
MAGETTE et al. (1986) <sup>2</sup>	Fertilizantes artificiais, fósforo e nitrogênio	-	Gramma	3 e 5%	"loam" arenoso	-	-	4.2 e 9.2m
DILLAHA et al. (1988) <sup>2</sup>	Sedimento	-	-	5,11 e 16%	"loam" siltoso	-	-	Eficiência de 81 e 91% paras as faixas de 4.6 e 9.1m
DILLAHA et al. (1988) <sup>2</sup>	Nitrogênio	-	-	5,11 e 16%	"loam" siltoso	-	-	Eficiência de 67 e 74% paras as faixas de 4.6 e 9.1m

<sup>2</sup> Trabalhos citados por Delgado, Periago & Viqueira (1995) *apud* Silva (2003)

Autor	Fator analisado	Taxa de aplicação	Vegetação	Decliv.	Solo	Metodologia	Data	Largura / Eficiência
DILLAHA et al. (1989) <sup>2</sup>	Sólidos suspensos totais	-	-	5,11 e 16%	"Loam" siltoso	-	-	Eficiência de 70 e 84% para as faixas de 4.6 e 9.1m
MAGETTE et al. (1989) <sup>33</sup>	Sólidos totais, nitrogênio e fósforo	-	Gramma	3 e 5%	"Loam" arenoso	-	-	Para 4.6m redução de 66% de ST, 0% N e 27% P. Para 9.2m 100% para ST, N e P
SCHWER & CLAUSEN (1989) <sup>3</sup>	Sólidos totais, Nitrogênio total e fósforo	0.0294m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *semana	Gramma	2,00%	"Loam" arenoso	-	-	Para faixas entre 10.6 e 26m eficiências entre 83 e 95%
NÚÑEZ, LÓPEZ & DIAZ-FIERROS (1991) <sup>3</sup>	Nitrogênio, Nitrato, amônia	125m <sup>3</sup> /ha e 250m <sup>3</sup> /ha	Gramma	15,00%	-	-	-	Eficiência de 100% em 6m
ORBORNE & KOVACIC (1993)	Fósforo e nitrato		<i>Phalaris arundinacea</i> <i>Populus deltoides</i> <i>Acer saccharinum</i>	-	"Loam" franco-argiloso	Estudo em campo, Bacia em Illinois, EUA	1989 - 1990	Para red. de 90% de nitrato: 39m - grama e 16m - floresta
FRY, STEINER & GREEN (1994)	4	-	-	-	"Loam" argiloso c/ pedras	10 pontos de estudo no Rio Água Fria, Arizona, EUA	1990	35m para todas os fatores e 23m sem vida silvestre
SPACKMAN & HUGHES (1995)	Pássaros, mamíferos e plantas	-	-	-	"Loam" arenoso	Levantamentos em 6 rios em Vermont, EUA	1992	Para garantir 95% das espécies vegetais largura >= 45m e animais >= 175m
CHAVES, ROSA & SANTOS (1996)	Sedimentos	-	Cerrado, pasto e agricultura	-	-	Modelagem matemática, modelo de erosão e sedimentação WEPP	-	Eficiência cerrado > pasto > agricultura

<sup>3</sup> Trabalhos citados por Delgado, Periago & Viqueira (1995) *apud* Silva (2003).

<sup>4</sup> Morfologia do canal, vegetação, controle de erosão, diversidade vida campestre, uso do solo local, qualidade da água superficial, potencial de recarga da água subterrânea, potencial de recreação, condição de montante.

Autor	Fator analisado	Taxa de aplicação	Vegetação	Decliv.	Solo	Metodologia	Data	Largura / Eficiência
KLÖPPEL, KÖRDEL & STEIN (1997)	Herbicidas	-	<i>Triticalle</i>	8,00%	"Loam" siltoso	Simulação em laboratório	-	Eficiências de até 80% para faixas de 10m e 95% para faixas de 20m
REID & HILTON (1998)	Vento	-	<i>Sequoia sempervirens</i> , <i>Pseudotsuga menziessii</i> , <i>Abies grandis</i> , <i>Lithocarpus densiflorus</i>	15 - 30°	"Loam"	Estudo em campo, Bacia North Fork Caspar Creek, Mendocino County, California, EUA	1989 - 1995	Relação de 4 a 5 vezes a altura média das árvores mais altas (50m) para a largura da faixa. 50m para habitat aquático
OLIVEIRA & DANIEL (1999)	Amônia e fósforo	-	-	-	-	Modelo matemático e SIG	1998	Para eficiência de 90% para amônia 10 a 50m e 90% para fósforo 50 a 280m
RUEL, PIN & COOPER (2001)	Vento	-	<i>Abies balsamea</i>	0 - 50%	-	Estudo em campo, Bacia 80km de Quebec	-	Não encontrou relação entre largura da faixa e número de árvores tombadas
SPAROVEK (2002)	Sedimento	-	-	-	-	Modelo matemático WEPP e SIG	2002	Faixa de 52m para eficiência de 54%
LIN, CHOY & LIN (2002)	Pesticidas	-	-	-	-	Modelo matemático "index model" e SIG	2002	Profundidade de 5.19m. Largura da faixa é função da declividade
DIGNAN & BREN (2003)	Luz	-	-	-	-	Clareira de estudo no Rio West Tarago, Victoria, Austrália	2003	108m de faixa para alteração de 10%
COCKLE & RICHARDSON (2003)	Pequenos mamíferos	-	-	-	-	Estudo em campo, Bacia em Malcolm Knapp Research Forest, British Columbia, Canadá	2003	30m

Tabela 2 – Continuação.

Com base na tabela 2 e conforme a adaptação feita pela CRJC, (2003) *apud* Silva (2003) as figuras 1 e 2, mostram as larguras ideais para as funções da zona ripária e apresentam uma combinação entre as faixas recomendadas pela CRJC e os resultados obtidos nos estudos resumidos na tabela acima.

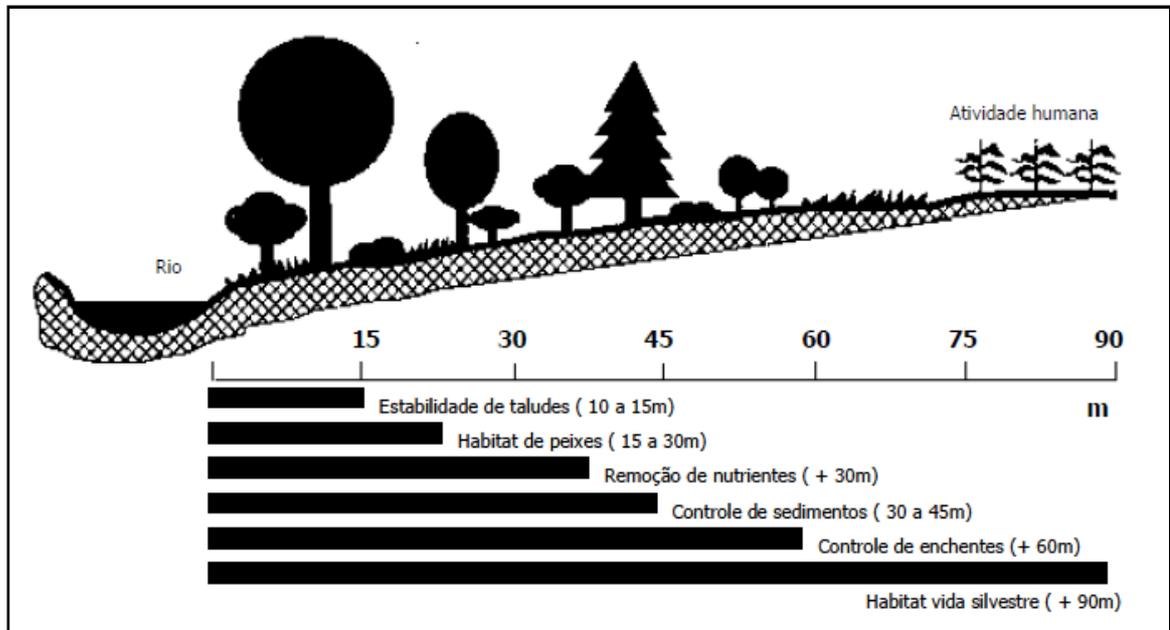


Figura 1 - Larguras ideais para as funções da zona ripária.

Fonte: (Adaptação de CRJC, 2003 *apud* Silva, 2003).

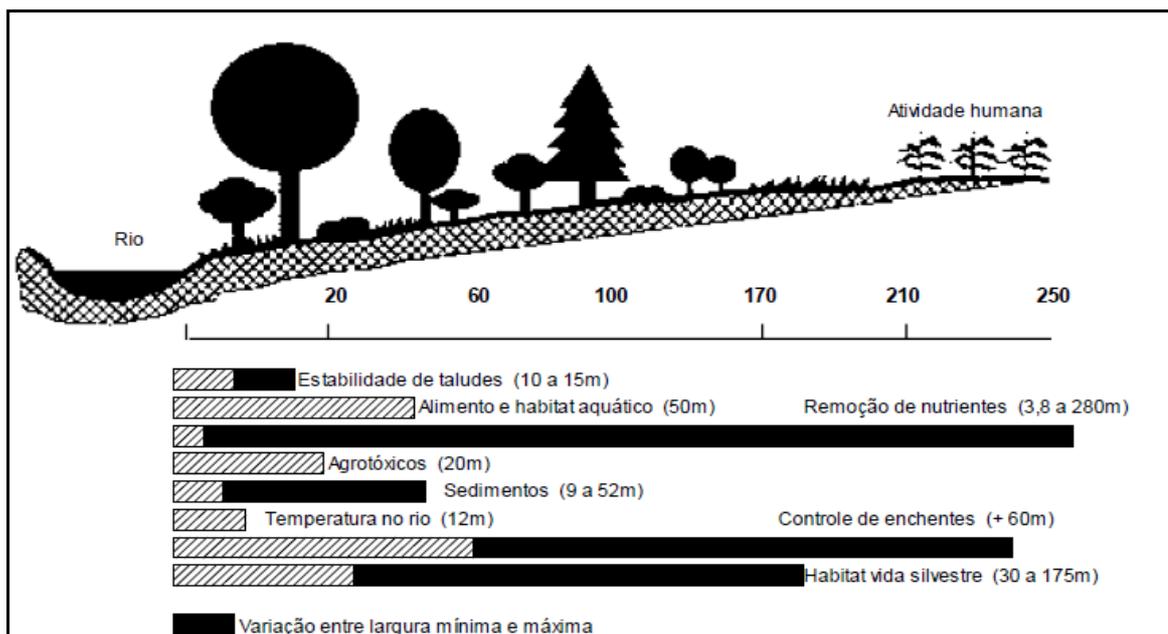


Figura 2 - Faixas estimadas pelos estudos pesquisados.

Fonte: Delgado, Periago & Viqueira (1995) *apud* Silva (2003).

### **2.1.2. Fatores determinantes para a ocorrência de matas ciliares**

Matas ciliares são formações florestais que se encontram ao longo dos cursos d'água e no entorno de nascentes. Apresentam características de vegetação definidas por uma complexa interação de fatores dependentes das condições ambientais ciliares (Rodrigues, 2001).

Os principais fatores condicionantes para ocorrência das florestas ciliares são hidrológicos, geológicos e topográficos. A importância relativa de cada um destes fatores, nos diferentes ambientes, condicionam, geralmente, diferenças nos parâmetros quantitativos das populações vegetacionais e, outras vezes, podem até alterar a fisionomia da vegetação (Ribeiro & Walter, 1998). A intensidade destas diferenças será determinada pelas características do ambiente, como o nível do lençol freático, determinado pelas condições de relevo e topografia. O lençol irá determinar ou interagir com as características edáficas, como a composição química e física do solo, profundidade, ciclagem de nutrientes, entre outros, através do encharcamento ou da atuação diferencial da umidade no solo.

Outro fator que poderá condicionar a ocorrência de florestas ciliares é o transbordamento do leito do rio, através, principalmente, da remoção de sedimentos e remoção ou soterramento da serrapilheira. A correnteza e transbordamento do leito do rio atuam, também, na seletividade de espécies e na definição da mortalidade e estabelecimento de indivíduos na faixa ciliar, pois, dependendo do período de encharcamento do solo, somente as espécies tolerantes ao encharcamento conseguirão sobreviver. Portanto, a elevação do nível d'água resulta na heterogeneidade espacial e temporal das populações ripárias, diferenciando a composição do mosaico sucessional dessas formações.

Contudo, a dinâmica da paisagem determina que as florestas ciliares ocupem as condições mais favoráveis do ambiente, principalmente no que diz respeito à disponibilidade hídrica e de nutrientes, favorecendo algumas características, entre elas a elevada diversidade, o mosaico vegetacional pouco definido e muito dinâmico e a pronunciada seletividade de espécies aos micro habitats (Rodrigues, 1992, Walter, 1995).

### **2.1.3 Florística de florestas ciliares**

As florestas ciliares geralmente apresentam um conjunto de espécies típicas da unidade fitogeográfica ocorrente nas florestas não ciliares, além de um conjunto de espécies

ocorrentes em várias unidades fitogeográficas, inclusive em áreas ciliares. Apresentam ainda, um conjunto de espécies caracterizadoras dos vários ambientes ciliares, adaptadas ou favorecidas pelo ambiente ciliar, podendo também ocorrer em áreas não ciliares, mas geralmente com baixa expressão numérica. Por fim, um conjunto de espécies caracterizadoras daquela condição ecológica específica, em função da atuação de fatores seletivos, não necessariamente exclusivos dessas condições, mas com características populacionais que permitem classificá-las como caracterizadoras daquele ambiente ciliar (Rodrigues & Shepherd, 2001).

Ao comparar remanescentes de florestas ciliares, Durigan & Leitão Filho (1995) puderam observar que as mesmas são muito diferentes, com valores de similaridade muito baixos, mesmo entre áreas muito próximas. Esta heterogeneidade florística pode ocorrer devido a diversos fatores, como a largura da faixa ciliar florestada; estado de conservação ou degradação dos remanescentes; o tipo vegetacional de origem dessa formação ciliar; a matriz vegetacional onde essa formação florestal ciliar está inserida e, principalmente, a heterogeneidade vegetacional como resultado das características físicas do ambiente ciliar e de outros fatores atuantes na seletividade de espécies (Rodrigues, 1992).

Estas matas são estreitas e freqüentemente descontínuas, com características vegetacionais bem definidas por uma interação complexa de fatores definidores da paisagem, que refletem as características geológicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas e hidrográficas e, portanto, as condições ecológicas locais (Rodrigues; Leitão Filho, 2000). Têm sido consideradas corredores biológicos extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal e o processo de regeneração natural.

## **2.1.4 Funções da mata ciliar**

### **2.1.4.1 Funções Hidrológicas**

A função hidrológica das florestas ciliares está ligada à sua influência sobre uma série de fatores importantes para a manutenção de uma bacia (Lima & Zakia, 2001).

Um dos inúmeros benefícios da presença da mata ciliar está relacionado à qualidade da água, pois as mesmas possuem uma função tampão, filtrando e retendo boa parte da água proveniente das áreas adjacentes que escoam para dentro dos cursos d'água. Neste "filtro" ficam retidos uma grande quantidade de sedimentos, produtos tóxicos e nutrientes,

principalmente fósforo (P) e nitrogênio (N), que em excesso na água provocam o crescimento exagerado de algas e plantas aquáticas (Lima & Zakia, 2001).

As matas conseguem reter cerca de 80% do fósforo e 89% do nitrogênio proveniente do escoamento superficial das áreas adjacentes. Estes valores podem variar em função de vários fatores, como estágio de desenvolvimento e tipo de vegetação, largura da faixa de mata ciliar, tipo de solo, relevo, regime pluviométrico local, entre outros (Davide *et al.*, 2000).

A vegetação ciliar em uma microbacia pode reduzir em 38% a concentração de nitrogênio que chega ao curso d'água e em 94% o fosfato (Emmett *et al.*, 1994). A redução do N pode alertar para um limite na capacidade de imobilização deste elemento pela zona ripária

As matas ciliares também permitem a estabilidade das margens dos cursos d'água, pois as raízes da vegetação formam uma malha que dá resistência aos barrancos. A água do escoamento superficial é retida e absorvida pela serapilheira (formada pelo acúmulo de material vegetal depositado sobre o solo), que exerce uma função de esponja, auxiliando, desta maneira, a infiltração da água e a sua retenção no solo, reduzindo as enxurradas. A taxa de infiltração de água em solos florestais pode ser de 10 a 15 vezes maior do que em pastagem e 40 vezes mais que em um solo desprovido de vegetação (Davide *et al.*, 2000).

Outros estudos demonstram que às florestas ripárias, são ambientes únicos devido à sua posição na paisagem, constituindo ecótonos entre zonas aquáticas e terrestres e mesmo corredores que conectam regiões e funcionam, em termos micrometeorológicos, como um “oásis”, absorvendo energia, evaporando a água, aumentando a umidade do local e diminuindo sua temperatura (Figura 3). Formam, assim, um ecossistema diferenciado das bordas (Fritzsons *et al.*, 2005).

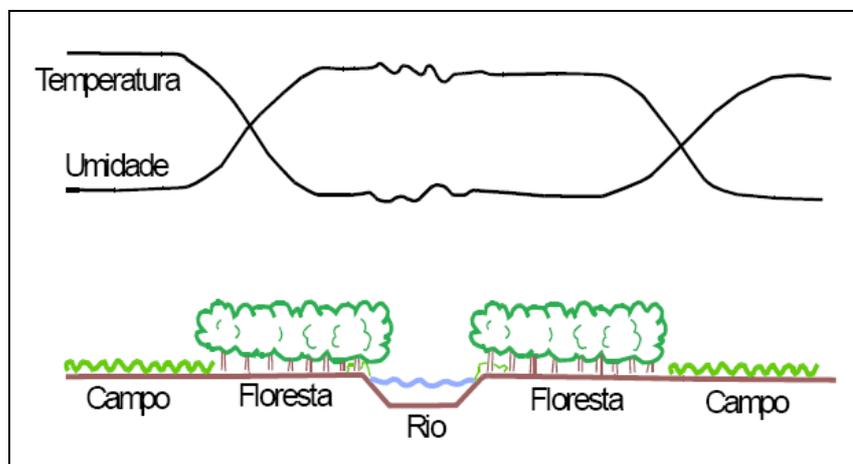


Figura 3 - Esquema do “efeito oásis” da zona ripária  
Fonte: Malanson (1993) *apud* Fritzsons *et al.* (2005).

Além disso, nos fundos dos vales a presença de neblina é comum, devido à condensação de vapores de água, principalmente durante a madrugada, persistindo, às vezes, nas primeiras horas do dia. Isso ocorre pela manutenção de temperatura da água superior à do ar durante a noite, facilitando a evaporação por aceleração da atividade convectiva sobre os espelhos d'água, e posterior condensação do vapor em contacto com o ar noturno ou com a vegetação, que se encontram mais frios, provendo as florestas ribeirinhas de uma maior umidade. O orvalho depositado sobre folhas e ramos tanto goteja até o solo quanto volta a evaporar. Assim, as florestas ciliares, situadas nos fundos dos vales, colaboram fortemente para uma maior frequência de névoas e neblinas, sob inversão térmica noturna, contribuindo com mais esse fator convergente para a estabilidade térmica dos rios sob floresta ciliar (Mantovani, 1996).

A névoa e a neblina formadas a partir da condensação de gotas decimimétricas de água atuam também como forte agente refletivo na faixa do infravermelho termal (faixa entre 6 e 20 micrômetros), reduzindo drasticamente a irradiação noturna (Mantovani, 1996). Esse processo ocorre, sobretudo em noites de circulação mais calma (velocidade do vento próximo à superfície menor do que 2 m/s), resultando na condensação de orvalho sobre o solo e vegetação, além de formação de névoas no ar, num processo que libera calor latente de condensação para o ambiente ( $539 \text{ cal.g}^{-1}$  ou  $2,26 \text{ J.g}^{-1}$ ), evitando a queda da temperatura do ar (Mantovani, 1996).

A integração da zona ripária com a superfície da água proporciona cobertura e alimentação para peixes e outros componentes da fauna aquática e, pelo efeito de sombreamento, intercepta e absorve a radiação solar, o que também contribui para a estabilidade térmica (Lima, 1989). A vegetação ripária, pelo efeito de interceptação (Figura 4), também dificulta a perda de calor da água por irradiação noturna (Fritsons, 2003 *apud* Fritsons *et al.*, 2005).

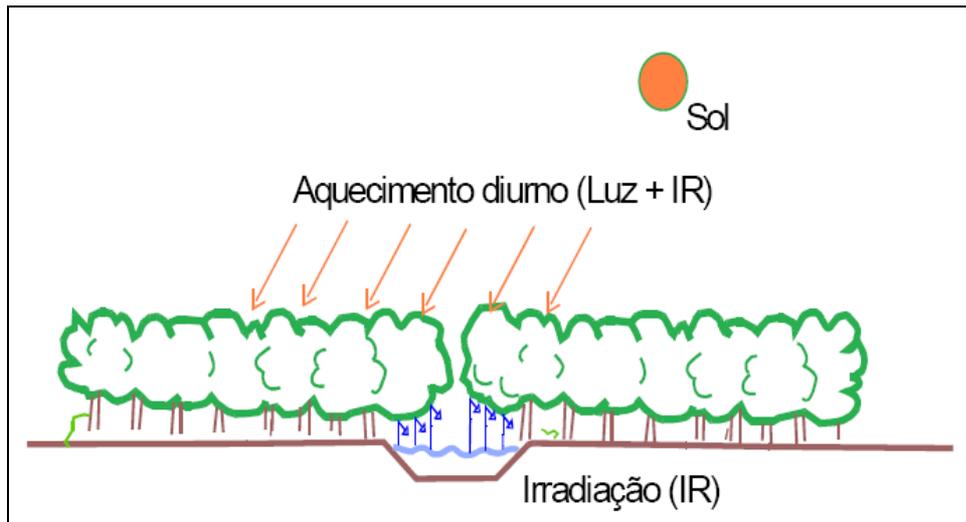


Figura 4 - Influência da floresta ciliar na irradiação solar e perda por irradiação noturna em rios.

Fonte: Fritzsons, (2003) *apud* Fritzsons *et al.*, (2005)

Alguns autores destacam que esse efeito é mais importante em rios pequenos ou de cabeceiras (*stream brooks*), pois, devido à influência da entrada das águas subterrâneas e do sombreamento, freqüentemente são menos variáveis termicamente (Vannote e Sweeney, 1980 citados por Allan, 1995 *apud* Fritzsons *et al.*, 2005). A temperatura das águas dos grandes rios não é comumente afetada por sombreamento, pois, devido ao seu grande volume, eles possuem considerável inércia termal. Assim, a variação da temperatura é maior em rios de tamanho intermediário, como ilustra a figura 3, a qual relaciona o tamanho do rio ao número de ordens e à máxima variação da temperatura em graus Celsius.

Nakamura e Dokai (1989) *apud* Fritzsons *et al.* (2005) observaram que a temperatura das águas do rio Honorai, no Japão, depois de passarem por uma área de proteção das florestas ciliares, se elevava, devido à exposição direta aos raios do sol. No verão, o aumento diário máximo chegava a 4 °C. Os autores também observaram que o efeito dessa cobertura decrescia com a largura do rio. Assim, rios maiores estariam menos sujeitos às variações térmicas, como mostrado na figura 5.

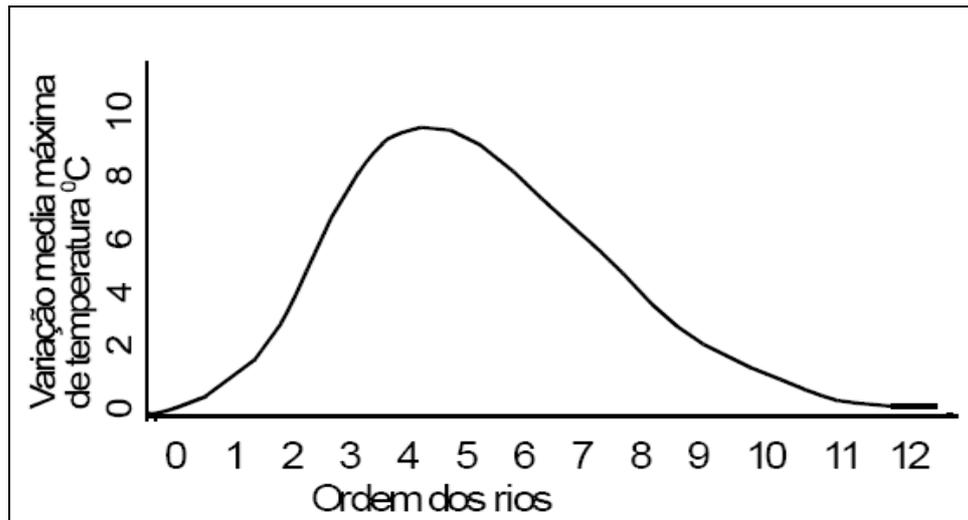


Figura 5 - Variação máxima média da temperatura diária da água (em  $^{\circ}\text{C}$ ) em relação às ordens dos rios de clima temperados.

Fonte: Vannote e Sweeney (1980)<sup>1</sup>, citados por Allan (1995) *apud* Fritzsons *et al.* (2005)

A retirada da floresta ciliar traz inúmeras implicações ecológicas e microclimáticas. Nagasaka e Nakamura (1999) *apud* Fritzsons *et al.* (2005), estudaram as mudanças no sistema hidrológico e no ecossistema ripário quanto à alteração no uso da terra, numa bacia no Japão. Eles verificaram que a temperatura da água no verão aumentou, em média, de  $22^{\circ}\text{C}$  em 1947, para  $28^{\circ}\text{C}$ , 42 anos depois, o que gerou uma série de interferências na biota (por exemplo, o desaparecimento de certas espécies de peixes, como os salmonídeos).

Arcova e Cicco (1998) *apud* Fritzsons *et al.* (2005), em trabalho realizado em Cunha, na bacia do rio Paraíba do Sul, no estado de São Paulo, monitoraram a qualidade de água em 7 microbacias com diferentes usos de solo, que incluíam: floresta natural, pastagem, agricultura e floresta natural associada ao reflorestamento, em diferentes combinações. Como resultado parcial, concluíram que nas microbacias onde foram retiradas as florestas (matas ciliares), houve elevação da temperatura da água.

Não se deve, todavia, concluir que a mera presença da mata ciliar seja suficiente para sanar todos os problemas da poluição decorrente da atividade agrícola em uma microbacia, a menos que outras medidas complementares de manejo adequado de uso do solo sejam tomadas (Zakia, 1998). Omernik *et al.* (1981) *apud* Zakia (1998) selecionaram várias microbacias com diferentes graus de existência de mata ciliar e analisaram, por regressão, os dados da concentração de N e P no deflúvio destas bacias. Os 21 resultados não mostraram correlação entre o grau de presença de mata ciliar e concentração de nutrientes no deflúvio.

### 2.1.4.2 Ciclagem de nutrientes

Esta função não tem sido muito detalhada na literatura sobre matas ciliares, mas é de fundamental importância para funcionamento do ecossistema como um todo. Os nutrientes estão presentes em toda a cadeia alimentar, sendo que os seres vivos dependem deles para completarem seus ciclos de vida (Lima e Zakia, 2004).

As florestas ciliares, por estarem próximas à água e por possuírem uma diversidade grande de espécies vegetais e animais, são ambientes geralmente ricos em nutrientes. Se por um lado recebem nutrientes das águas nas situações de inundação, por outro lado capturam estes das áreas terrestres adjacentes através de sua função “filtro”. E através da dinâmica da vegetação e dos animais terminam por ciclar os mesmos nutrientes de forma muito eficiente (Lima e Zakia, 2004).

A ciclagem de nutrientes refere-se às trocas químicas entre solo e as plantas, em um primeiro estágio através da absorção pelo sistema radicular seguida por sua distribuição entre os diversos componentes da planta. Em um segundo estágio, transfere os nutrientes absorvidos ao solo, através da deposição da serapilheira, lixiviação das folhas dos ramos e troncos e pela ação das chuvas, além da herbivoria e disseminação de frutos e sementes (Poggiani & Schumacher, 2000).

Em florestas tropicais, tem-se estabelecido que as mesmas desenvolvem mecanismos para conservar minerais essenciais devido às altas velocidades de decomposição e dos fluxos de água através do sistema. Assim, uma ciclagem, para ser considerada eficiente, deverá equilibrar as quantidades de nutrientes que entram no sistema e a quantidade destes nutrientes que saem do mesmo. As florestas ciliares apresentam um padrão onde a produção de serrapilheira apresenta os maiores picos no inverno, que é caracterizado pela ocorrência de dias mais curtos e baixa precipitação (Pagano & Durigan, 2001). Mas, como estão freqüentemente restritas a uma pequena faixa ao longo dos cursos d'água, estas relações de edição e perda de nutrientes do sistema, além de complexas, são de difícil quantificação (Delitti, 1989).

A perda de nutrientes com o arraste da serapilheira pelas águas dos rios em áreas inundáveis. Faz com que as florestas ciliares sujeitas a esse processo tenham suas comunidades vegetais freqüentemente perturbadas, permanecendo indefinidamente em estágios sussecionais intermediários (Pagano & Durigan, 2001). Mas ao mesmo tempo estes nutrientes levados com a serapilheira podem servir de alimento aos organismos aquáticos.

Convém ressaltar que neste caso, o aporte de nutrientes é pequeno comparado àquele que acompanha sedimentos oriundos de processos erosivos e, desta forma, não provoca desequilíbrios no ecossistema aquático.

## **2.2 Qualidade e Quantidade água**

A água é um recurso único cuja importância transcende os demais recursos naturais, considerada como “fonte da vida” e o vetor dos processos na natureza. Possui, ainda, a propriedade de atuar como substância indicadora dos resultados do manejo da terra pelo homem (Marques *et al.*, 2005).

Segundo o mesmo autor, a qualidade de um corpo d’água está ligada à geologia, tipo de solo, clima, tipo e quantidade de cobertura vegetal e ao grau e modalidade de atividade humana dentro de uma bacia hidrográfica.

A água possui características químicas e físicas bastante especiais: é um dos raros compostos que se apresentam na forma líquida em condições naturais, apresenta grande estabilidade, alta densidade, viscosidade e tensão superficial e é ainda, um solvente universal. Pelo seu poder de diluir e solubilizar praticamente todas as substâncias, a água desempenha um importante papel como elemento de ligação entre os compartimentos ambientais. Tudo o que ocorre na área de drenagem será refletido, direta ou indiretamente, na qualidade das águas do seu corpo d’água (Marques *et al.*, 2005).

Ao avaliar o potencial de desnitrificação e retenção de água em solos hidromórficos com diferentes tipos de vegetação, alguns autores concluíram que as zonas ripárias possuem alto potencial para melhorar a qualidade da água e manter a biodiversidade ripária quando a microbacia possui vegetação diversa e estabilizada, corredores ripários naturais, resposta hidrológica do solo caracterizada por escoamento subsuperficial lento em solos saturados e ricos em carbono (Ducros e Joice, 2003). Em contraste, segundo ainda os mesmos autores, microbacias com uso intensivo agrícola, baixa diversidade de vegetação, solos com boa drenagem e erosão, apresentam menor aptidão para desenvolver um habitat ou benefícios para qualidade da água,

De acordo com outros estudos realizados observaram ainda que a vegetação ciliar é eficiente para a remoção de sedimentos e outros sólidos em suspensão do escoamento superficial, dependendo do tipo de manejo das partes cultiváveis da microbacia. A eficiência da filtragem diminui à medida que os sedimentos são acumulados na vegetação (DILLAHA *et*

*al.*, 1989; Peterjohn e Correl, 1984), e a remoção de nutrientes mais eficiente ocorre para o nitrogênio, seguido por cálcio, cloro, magnésio, fósforo e potássio (Lowrance *et al.*, 1984).

O efeito direto da mata ciliar na manutenção da qualidade da água que emana da microbacia tem sido demonstrado com mais facilidade em diversos experimentos. Esta função da zona ripária é, sem dúvida, de aplicação prática imediata para o manejo de microbacias (Kunkle, 1974).

A questão da qualidade das águas ganhou evidência com a sanção da Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, tendo como um dos fundamentos gerir tais recursos, proporcionando uso múltiplo, em consonância com objetivos que assegurem “à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Esse ponto demonstra a preocupação com a integração da gestão quanto aos aspectos de qualidade e quantidade, destacando-se, também, o ponto em que uma das ações principais é a “integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental”. A implementação do enquadramento dos corpos de água em classes, importante instrumento de gerenciamento de recursos hídricos da Lei 9.433, demanda um conhecimento da qualidade das águas a serem geridas e das influências ambientais e antrópicas capazes de alterá-la. Dessa forma, é possível a utilização das normas de qualidade das águas, garantindo os padrões para os usos múltiplos desejados pela comunidade, preservando os aspectos qualitativos para a vida aquática e demais usos (Oliveira *et al.*, 2004).

A forma como uma área é usada, influência na quantidade e qualidade dos recursos hídricos. A ocorrência ou não de uma cobertura do solo, bem como com o tipo de cobertura, correlaciona-se diretamente com o produto hídrico, que é um reflexo do que se convencionou chamar de saúde hidrológica da microbacia (Cf. Walling, 1980 citado por Freixêdas, 2007).

Segundo a hidrologia florestal o deflúvio é o resultado do escoamento direto somado ao do escoamento base. O escoamento direto é o volume de água que ocasiona o aumento rápido da vazão nas microbacias após as chuvas, e seus componentes principais: a precipitação direta nos canais; o escoamento superficial e o escoamento subsuperficial. O escoamento base é aquele proveniente dos aquíferos que emergindo nos canais de rios, é responsável pela perenização dos mesmos em épocas de estiagem (Lima, 1994; Lima & Zakia, 2000).

Todavia, o escoamento direto não é produzido em toda a área da microbacia. Para garantir o seu bom funcionamento, é necessário que se reconheça que existem áreas

consideradas sensíveis, chamadas de áreas ripárias. Entretanto, estas são de difícil delimitação e caracterização hidrológica, pois variam em relação a planície de inundação e ao padrão temporal (Lima, 1994; Zakia, 1998; Lima & Zakia, 2005).

As matas ciliares por serem também consideradas e descritas como áreas de saturação, participam do processo de escoamento direto na bacia hidrográfica, principalmente nas formas de escoamento superficial e subsuperficial, por serem áreas que possuem baixa capacidade de infiltração. Geralmente em períodos de baixas precipitações, apenas as zonas saturadas localizadas as margens dos corpos d'água e suas cabeceiras, participam deste processo (adaptado de Freixêdas, 2007).

Porém estas áreas de origem segundo (Lima, 1994; Lima; Zakia, 2000), se expandem durante as chuvas, tanto a rede de drenagem, quanto outras áreas críticas, incluindo as concavidades do terreno e linhas de fluxo, áreas de solo raso e áreas encharcadas. Todas elas passam a contribuir para a geração do escoamento direto, influenciando em funções hidrológicas fundamentais como picos de cheia, vazão, equilíbrio térmico e ciclagem de nutrientes.

As áreas ripárias, desta forma possuem como característica a saturação decorrente da proximidade do lençol freático durante a maior parte do ano, propiciando um predomínio de espécies adaptadas a essa condição. A ausência dessa vegetação ciliar, por sua vez provoca a médio e longo prazo uma degradação da zona ripária que passa a ter uma menor capacidade de armazenamento na estação seca (Lima & Zakia, 2000).

Estudos têm demonstrado que a recuperação da vegetação ciliar contribui para com o aumento da capacidade de armazenamento da água na microbacia ao longo da zona ripária, o que contribui para o aumento da vazão na estação seca do ano (Elmore & Beschta, 1987). Esta verificação permite, talvez, concluir a respeito do reverso. Ou seja, a destruição da mata ciliar pode, a médio e longo prazos, pela degradação da zona ripária, diminuir a capacidade de armazenamento da microbacia, e conseqüentemente, a vazão na estação seca (Lima & Zakia, 2000).

Desse modo, a produção de água na bacia encontra-se diretamente ligada ao uso da terra. Devido a um estado extremamente dinâmico e a contínua interdependência de fatores que influênciam a bacia, a minimização dos impactos antrópicos deve envolver um manejo sistêmico, baseado em conhecimentos interdisciplinares (Lima, 1994).

Estes conhecimentos se configuram de forma bastante dinâmica em termos de multidisciplinaridade, pois além das informações hidrológicas, outros conhecimentos

temáticos devem ser estudados como: clima, solos, geologia e tipos de vegetação, nos quais podem se interagir de diversas formas dentro de uma bacia hidrográfica.

A zona ripária que inclui a mata ciliar, em sua integridade – constitui um ecossistema que desempenha um dos mais importantes serviços ambientais: a manutenção dos recursos hídricos em termos de qualidade e quantidade é de fundamental para garantir a disponibilidade de água para os múltiplos usos, tratando-se de uma questão fundamental para a gestão atual destes recursos (Lima & Zakia, 2000).

### **2.3 Mata ciliar na Bacia do Ribeirão Lajeado -TO**

Conforme estudo de caracterização da vegetação realizada na Área de Proteção Ambiental e Parque Estadual Serra do Lajeado o tipo fitofisionômico Mata Ciliar, ocorre ao longo da bacia do Ribeirão Lajeado de forma descontínua, alternando com outras categorias naturais e antrópicas com diferentes graus de alteração, conservação e expansão lateral, em função de aspectos físicos do solo, relevo e ações antrópicas (TOCANTINS, 2003).

As ações antrópicas, como a substituição da vegetação natural na área de preservação permanente, promoveram modificações na estrutura e composição florística na Mata Ciliar do Ribeirão Lajeado, aspectos observados com maior relevância nos ambientes planos do médio e baixo Lajeado (TOCANTINS, 2003).

Nos ambientes conservados da borda do Ribeirão Lajeado, este tipo fitofisionômico caracteriza-se pela presença de “nesga” de vegetação natural junto aos barrancos, onde as espécies arbóreas apresentam formas linheiras e às vezes irregulares em função de fatores físicos como umidade, tipo de solo e maior incidência de luz. O estrato herbáceo/arbustivo nesse ambiente é rarefeito, havendo a presença mais acentuada de plântulas e plantas da regeneração natural. Nesses ambientes as espécies de maior frequência são: sessenta-galhas - *Hirtella martiana*, ingá-de-folha-lisa - *Inga* sp., cariperana – *Licania* sp., pau-d’óleo - *Copaifera langsdorffii*, enquanto que na borda de contato com a Mata Seca Semidecídua e Decídua, nas áreas de maiores cotas, é maior a frequência do pombeiro – *Tapirira guianensis* e da ucuúba - *Virola sebifera* (TOCANTINS, 2003).

Ainda nas áreas “secas” mais expandidas, entre 20 e 40 metros de largura, esta formação abriga outras espécies além das relatadas anteriormente. Em função da densidade, estas espécies apresentam formas linheiras e elevado porte, até 25 metros, o contrário do que ocorre imediatamente nas bordas. Dentre as espécies que se destacam no interior desta formação citam-se jequitibá - *Cariniana estrellensis*, jatobá - *Hymenaea courbaril*, pau-ferro -

*Caesalpinia* sp. e garapa - *Apuleia leiocarpa*. O breu - *Protium heptaphyllum* também aparece com elevada frequência nesta formação, especialmente nas bordas de contato, apresentando, entretanto, menor porte (TOCANTINS, 2003).

## **2.4 Bacias hidrográficas: usos e gerenciamento**

Apesar do quantitativo em termos percentuais de vegetação ciliar em torno dos mananciais serem menores do que o total de vegetação em toda uma bacia hidrográfica a conservação e preservação da mesma são de fundamental importância para a manutenção dos recursos hídricos. As ações conservacionistas compreendem um conjunto de medidas que possibilitam a gestão da oferta, ao aumentar a quantidade de água disponível nas bacias, por meio da adequada recarga dos aquíferos, e a melhoria de sua qualidade, ao reduzir os processos erosivos e o volume de efluentes lançados nos corpos de água.

A Lei Federal nº 9.433/97 instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que elegeu a bacia hidrográfica como unidade territorial de atuação das políticas de recursos hídricos, planejamento e gerenciamento. Assim, a água passou a ser um bem natural finito e vulnerável, de domínio público e com valor econômico, onde sua gestão deve ser descentralizada e participativa (BRASIL, 1997).

Tucci (2001) define bacia hidrográfica como um sistema físico, onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados, transpirados e os infiltrados profundamente.

Santos (2004) afirma que toda ocorrência de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na quantidade e qualidade dos cursos d'água.

A importância da qualidade da água está bem conceituada na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/97, Art. 2º, Cap. II, Tit. I), que define, dentre seus objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (BRASIL, 1997).

A melhor maneira de obter informações sobre os recursos hídricos é através do monitoramento quantitativo e qualitativo, instrumento que possibilita a avaliação da oferta hídrica, aproveitamento múltiplo e integrado da água e a minimização de impactos ao ambiente (Peters e Ward, 2003).

A qualidade depende diretamente da quantidade de água necessária para dissolver, diluir e transportar as substâncias benéficas e malélicas para o ecossistema (Braga *et al.*, 2002). Neste sentido, Calijuri e Bubel (2006) ressaltam que a geologia, solos, chuva e a vegetação influenciam os processos de erosão, sedimentação e produtividade local de uma bacia hidrográfica.

Os impactos causados pela mudança do uso do solo certamente acarretarão alterações na superfície da bacia, tendo impactos expressivos sobre todo o processo hidrológico da bacia (Tucci, 1998). Assim, pode-se relatar alterações na interceptação da chuva pela cobertura vegetal, através da retirada da cobertura natural, causando uma maior exposição do solo a estes eventos, trazendo maior probabilidade de encrostamento superficial e conseqüente diminuição da taxa de infiltração e aumento do escoamento superficial.

Por isso, os programas de gestão dos recursos hídricos têm dispensado especial importância ao planejamento do uso do solo, ou seja, têm dado ênfase às medidas de caráter preventivo, mais eficientes e menos onerosas (Mota, 2003 *apud* Gomes *et al.*, 2008).

Bruijnzeel (1996) *apud* Gomes *et al.*, (2008) cita que praticamente todos os resultados existentes sobre a influência das modificações do uso do solo associados às alterações em vazões, referem-se a pequenas bacias, onde se têm um maior controle dos eventos e ações, bem como maiores homogeneidades pedo-geomorfológicas e climáticas.

A mesma idéia é compartilhada por Costa (2003) *apud* Gomes *et al.*, (2008), onde o efeito das mudanças do uso do solo em associações com a alteração no comportamento da vazão é de difícil obtenção, devido, sobretudo, à alta diversidade espaço-temporal dos tipos de usos do solo, características vegetacionais, pedológicas e climatológicas para áreas com grandes extensões territoriais.

Costa *et al.*, (2003) *apud* Gomes *et al.*, (2008) chegaram à conclusão que nos últimos 50 anos, devido às grandes mudanças do uso do solo ocorridas na bacia do rio Tocantins, detectou-se efeitos no comportamento das vazões observadas. Neste sentido, Costa e Foley (1997) *apud* Gomes *et al.*, (2008), com o uso de modelos hidrológicos, tentaram avaliar a conversão de áreas florestais e cerrado para áreas de pasto e para uma condição sem cobertura. De acordo com estes mesmos autores, a completa retirada da floresta aumentaria em 16% a vazão média anual para a estação fluviométrica Porto Nacional, localizada a montante da cidade de Palmas/TO.

Com a substituição de cerrado ou floresta por pasto, diminui a interceptação da água da chuva, o que leva a aumentar o escoamento superficial e a diminuição da infiltração nestas

áreas, causando uma diminuição das vazões mínimas e aumento das vazões máximas (Costa *et al.* 2003 e Bruijnzeel, 1990 *apud* Gomes *et al.*, 2008).

Neste sentido, com o solo mais exposto o mesmo ficará mais susceptível às ações da energia cinética associada a precipitações e, conseqüentemente, a capacidade de infiltração tenderá a ficar reduzida o que acarretará um aumento do escoamento superficial, com redução da alimentação do aquífero, aumentando, desta forma, as vazões máximas e reduzindo as vazões mínimas (Gomes, *et al.* 2008).

Por outro lado, caso o solo permaneça protegido das ações de precipitações diretas no mesmo, o excedente de precipitação que não é evapotranspirado possui melhores condições de se infiltrar e o aquífero terá uma maior recarga, aumentando, neste sentido, as vazões mínimas e reduzindo as vazões máximas (Tucci, 1998).

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Estratégia Metodológica**

Para estruturação e realização desta pesquisa e definição dos pontos de coletas, buscou-se utilizar o método de investigação que fosse mais adequado a cada etapa do trabalho. Por ordem de desenvolvimento da pesquisa, foi realizado amplo levantamento bibliográfico em literaturas correlatas ao tema abordado, leitura em periódicos e artigos. Após a escolha do tema, foi feita a delimitação de critérios para a escolha da bacia a ser estudada, sendo realizadas visitas in loco na bacia e duas das suas importantes microbacias para fazer o reconhecimento de campo. Foi ainda realizado o tratamento e georreferenciamento das áreas, no intuito de compará-las em termos percentuais. O acesso às áreas de estudo mostrou que um dos pontos escolhido tinha difícil acessibilidade. A partir desta etapa, definiu-se os pontos amostrais e iniciou-se as coletas e posteriormente as análises para comparação das áreas com os dados escolhidos. Nesta fase de análise dos dados foram utilizados softwares estatísticos visando a organização e análises descritivas dos mesmos.

Necessário se faz enfatizar que a seqüência de abordagens não foi necessariamente linear, uma vez que ao longo do processo, consultas foram feitas à literatura, outras visitas a outros pontos e microbacias foram realizadas para checagem de informações em campo e mais facilidades de acesso às áreas.

#### **3.2. Área de Estudo**

A Bacia do Ribeirão Lajeado (figura 6), possui uma área de 612,77 Km<sup>2</sup> e está localizada entre as coordenadas geográficas 10° 16'46" a 09° 39'06" de latitude sul e 48° 26'00" a 48° 02'34" de longitude oeste. Toda a sua bacia está contida na Área de Proteção Ambiental - APA Serra do Lajeado, sendo que uma parte da mesma está localizada no Parque Estadual do Lajeado-TO. A maior parte da bacia, inclusive sua foz junto ao Rio Tocantins, está distribuída no município de Lajeado- TO, sendo que para a realização do estudo proposto, foram delimitados pontos na mesma, pertencentes ao município de Palmas-TO.

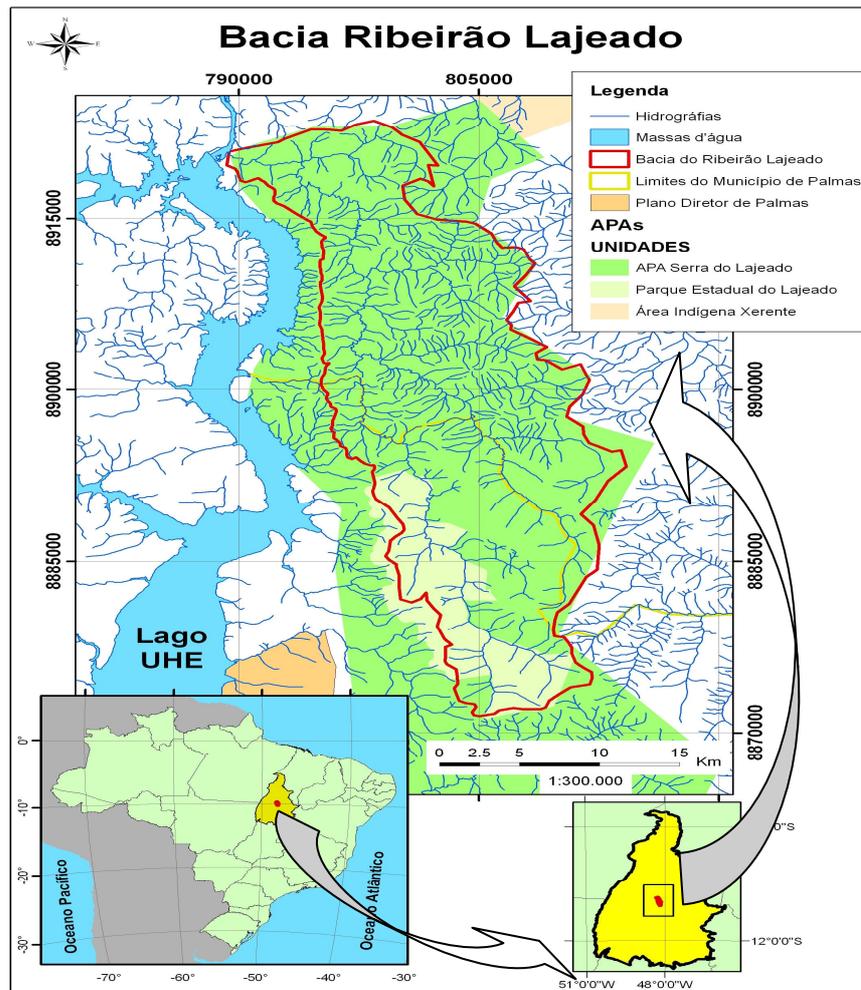


Figura 6 - Área de estudo – Bacia do Ribeirão Lajeado – TO.

O Parque Estadual do Lajeado tem como objetivo principal proteger amostras dos ecossistemas da Serra do Lajeado, assegurando a preservação de sua flora, fauna e demais recursos naturais, características geológicas, geomorfológicas, e cênicas, proporcionando oportunidades controladas para visitação, educação e pesquisa científica. Também tem a finalidade de proteger os mananciais que abastecem a cidade e coibir a expansão urbana nas encostas. Foi criado pelo governo Estadual, através da Lei nº 1.244, em maio de 2001 e fica a cerca de 25 Km da Capital, pela estrada de Aparecida do Rio Negro. As figuras 7 e 8 demonstram as unidades de conservação contempladas na APA e no Parque Estadual do Lajeado, onde os pontos amostrais foram delimitados (NATURATINS, 2009).

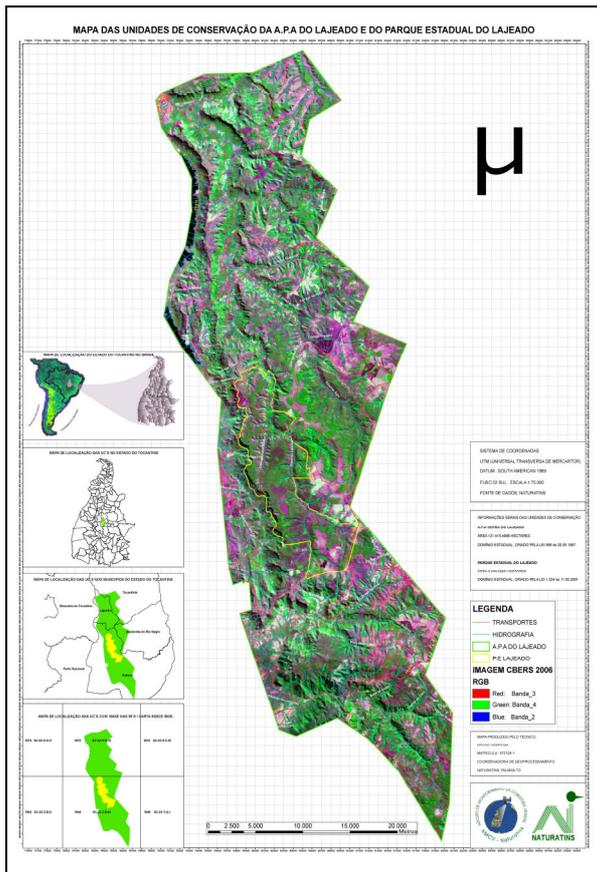


Figura 7 - Mapa das Unidades de Conservação da APA do Lajeado-TO.  
 Fonte: (NATURATINS, 2009)

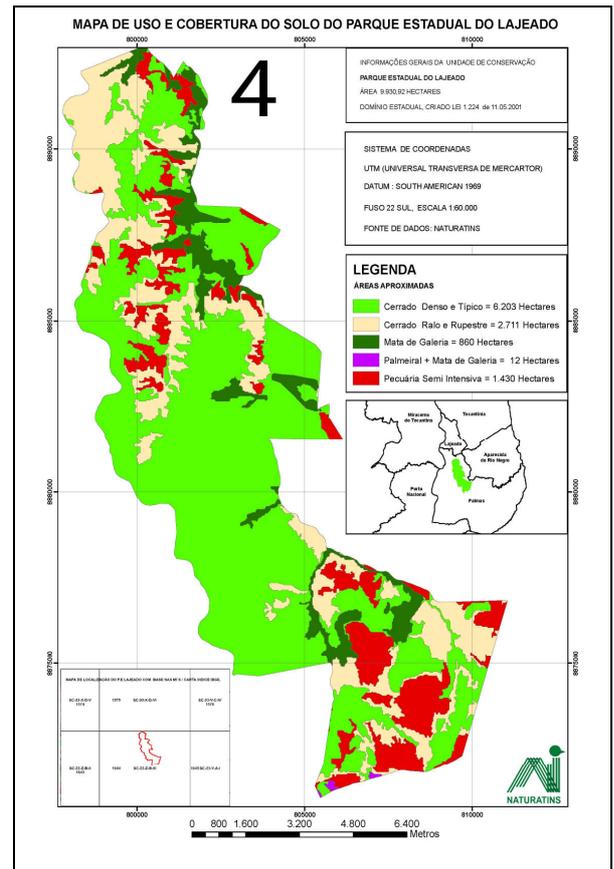


Figura 8 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Parque Estadual do Lajeado-TO.  
 Fonte: (NATURATINS, 2009).

A bacia em estudo se desenvolve predominantemente no sentido sul/norte, com formações de serras, áreas declivosas e escarpas. No que se refere a sistema viário e acesso rodoviários, a área de estudo é interceptada pelas rodovias TO-050, 010, 020 e 030 que dão acesso às regiões norte, sul e leste do Estado. O desnível topográfico entre as nascentes e a foz da bacia é de aproximadamente 500 m em seus quase 65.000 m de percurso, portanto uma declividade média em torno de 0,8%. Dentre os seus principais afluentes, citam-se o Ribeirão Agem, o Córrego Mutum e o Córrego Cedro. Normalmente essas drenagens possuem traços encurvados, onde o arqueamento se dá em sentido anti-horário, cuja densidade é baixa nas partes mais altas e altas nas regiões de encostas. Possui uma angularidade baixa, com tropia unidirecional ordenada para noroeste (TOCANTINS, 2003; 2004).

De acordo com o método de Thorthwaite, o clima da região (C2rA'a') é úmido subúmido com pequena deficiência hídrica. A precipitação média anual é em torno de 1600 a 1700 mm, a temperatura do ar média anual é de aproximadamente 27° C, atingindo um máximo no final do inverno, antes do início das chuvas. Com temperaturas máximas absolutas que superam os 41°C, e do mais frio, maior que 18°C. As formas de relevo predominantes são

as formas estruturais e as formas erosivas. As formas estruturais são formas de relevo cuja topografia é condicionada pela estrutura. Neste caso, processos morfodinâmicos geram formas de relevo em conformidade com a estrutura geológica. As formas erosivas são constituídas a partir de processos predominantemente erosivos, onde houve rebaixamento das saliências, tendendo ao nivelamento do relevo. A declividade varia de 15 a 30%. Os solos predominantes da região são dos tipos concrecionários, plintossolos, latossolos e areias quatzosas (SEPLAN, 2005).

Está localizada na região de cerrado, com predominância de vegetação xeromorfa aberta, dominada e marcada por um estrato herbáceo. Com relação aos aspectos geológicos, a região é formada pela bacia sedimentar do Parnaíba e por Complexos Metamórficos do Arqueano e Proterozóico inferior. As principais coberturas e uso da terra são vegetação de cerrado (campo, campo cerrado, cerradão e campo parque) e pastagem (áreas de pastagem plantada e/ou natural (SEPLAN, 2005).

### **3.3. Identificação e delimitação dos pontos amostrais**

Para realização do estudo foram identificadas e delimitadas três (03) unidades amostrais (Figura 9). A escolha dos pontos foi definida a partir da relação direta com o tema delineado, ou seja, a área de estudo apresentou uma boa interatividade relacionada a preservação e conservação de matas ripárias, facilitando o alcance dos objetivos desta pesquisa que tem como foco principal comparar a influência dessa vegetação (mata ciliar) com dados qualitativos e testes quantitativos de água.

**PONTO 1** ( 48°12'31,7" – 10°08'08,9" ) - Um trecho da bacia do Ribeirão Lajeado com 22.09% de Mata ciliar, representando comparativamente uma faixa intermediária de conservação e preservação;

**PONTO 2** ( 48°12'52,8" – 10°08'36,3" ) - Microbacia do Córrego Brejo da Passagem, com 14.80% de Mata ciliar, representando comparativamente uma faixa de baixa conservação e preservação,

**PONTO 3** (48°13'16,7" – 10°04'26,0") - Contribuinte da Bacia do Ribeirão Lajeado com 49.08% de Mata ciliar, representando um comparativo a uma faixa de alta conservação e preservação.

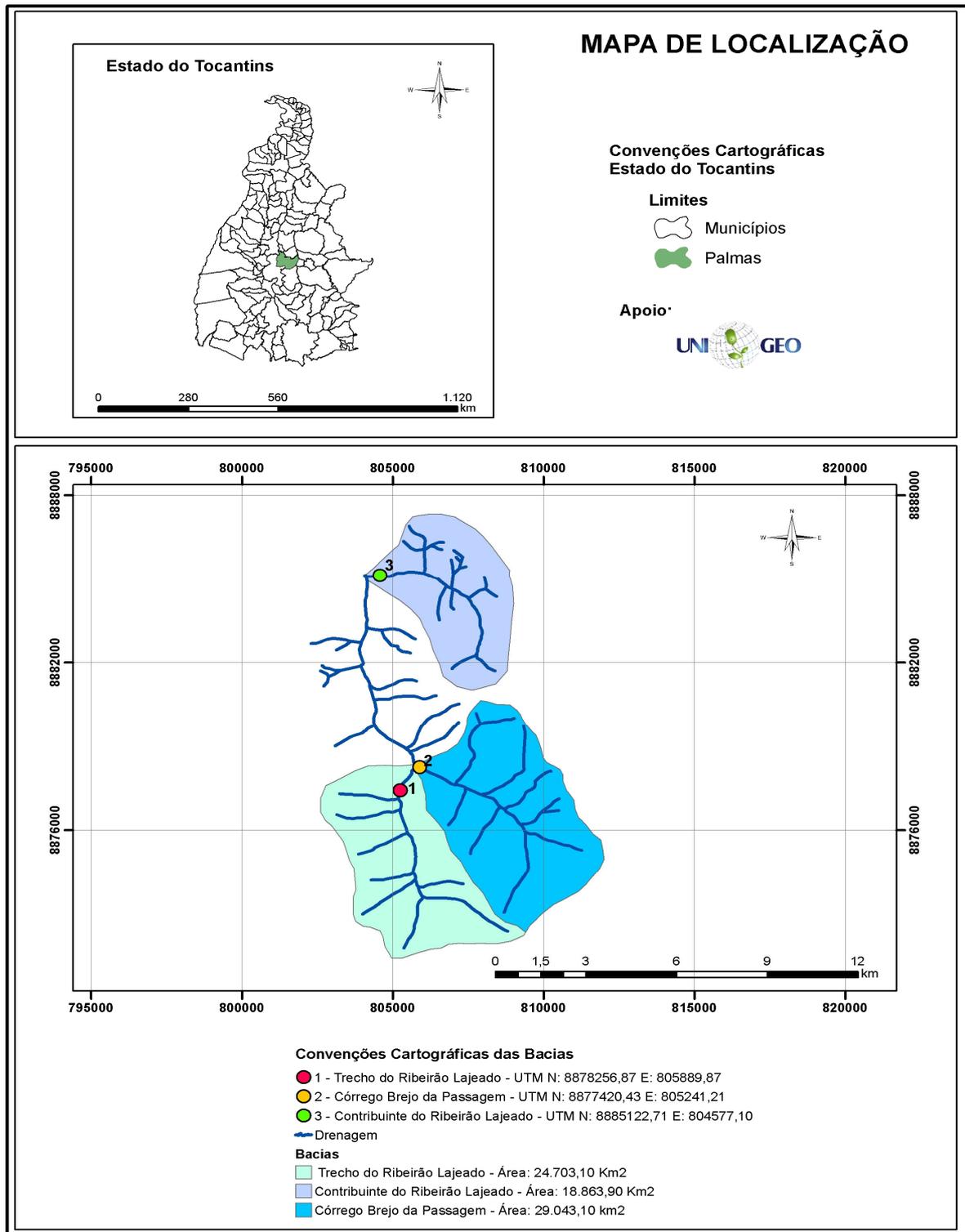


Figura 9 - Mapa de Localização dos pontos 1, 2 e 3. Sendo 1=Trecho do Ribeirão Lajeado; 2= Córrego Brejo da Passagem; 3=Contribuinte do Ribeirão Lajeado.

### **3.4. Passos analíticos do geoprocessamento**

Para quantificação e qualificação das unidades amostrais, considerando os usos pré-definidos, mata ciliar e sua padronização, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, que partiram dos seguintes processos:

#### **3.4.1 Recorte das Imagens**

Para o estudo optou-se utilizar a imagem de satélite LANDSAT-TM com data de passagem 08 de Setembro de 2008, e órbita ponto 222/067.

Por não haver a necessidade de se trabalhar com a imagem de satélite com a cena inteira, recortou-se a mesma (LANDSAT-TM) por meio dos limites, cotas altimétricas e os divisores de água, das bacias hidrográficas do Trecho Ribeirão Lajeado, Córrego Brejo da Passagem e Contribuinte do Ribeirão Lajeado. Para este procedimento foi utilizada a função recortar plano de informação do menu ferramentas do software ArcGIS 9.2.

Através dos processamentos descritos foi encerrada a fase de pré-processamento da imagem de satélite, sendo assim a mesma ficou pronta para as análises e mapeamentos. O próximo passo foi a fase de pós-processamento com o objetivo de analisar as informações e produzir os mapeamentos temáticos do ano 2008.

#### **3.4.2 Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra**

A partir de procedimentos metodológicos foi criada uma imagem prévia da área de estudo do ano de 2008, utilizando a composição colorida B 3, R 5 e G 4 na imagem LANDSAT, que permitiu visualizar mais claramente os limites entre o solo e a água, com a vegetação discriminada, aparecendo em tons de verde e rosa. Essa parte do processo foi importante para a primeira análise visual da área de estudo por completo, pois facilitou visualizar as manchas de vegetação na imagem do ano estudado e ainda visualizar previamente a vegetação e uso da área.

#### **3.4.3 Realçamento das imagens**

O realçamento da imagem LANDSAT teve como objetivo evidenciar as áreas ocupadas na região da bacia hidrográfica de um modo especial da vegetação, água, solo

exposto e área antropizada. Para tanto, nas áreas das bacias hidrográficas do Trecho Ribeirão Lajeado, Córrego Brejo da Passagem e Contribuinte do Ribeirão Lajeado foi aplicado um contraste linear, nas imagens das bandas 3, 4 e 5.

A manipulação do realce de contraste consiste numa transferência radiométrica em cada “pixel”. Realiza-se a operação ponto a ponto, independentemente da vizinhança. A técnica de realce de contraste é caracterizada por melhorar a qualidade das imagens para facilitar a visualização de feições nas mesmas. A Manipulação do Contraste não altera os dados da imagem, mas tem como objetivo aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem.

#### **3.4.4 Segmentação das Imagens**

A segmentação de uma imagem por crescimento de regiões é um procedimento realizado, em geral, como etapa anterior a classificação não-supervisionada. Consiste em agrupar conjuntos de pixels com número digital (nível de cinza) semelhantes. A individualização das diferentes fisionomias dá-se na forma de polígonos.

Na execução do processo de segmentação foi preciso definir o parâmetro limiar de área, corresponde a área mínima a ser considerada como uma região, definida em número de pixels. Neste trabalho, os limiares de similaridade e área definidos foram de 10.

#### **3.4.5 Classificação da Imagem**

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os Classificadores “pixel a pixel” utilizam apenas a informação espectral isoladamente de cada pixel para achar regiões homogêneas. O resultado final de um processo de classificação é uma imagem digital que constitui um mapa de “pixels” classificados, representados por símbolos gráficos ou cores.

#### **3.4.6 Mapeamento da Imagem**

O mapeamento é a última fase da classificação, em que o analista define para o sistema o que corresponde a cada classe temática contida no mapa. Em outras palavras, o mapeamento, significa associar às classes temáticas o significado real encontrado no campo, ou seja, as classes de uso e cobertura da terra, que foram definidas previamente no banco de

dados para este trabalho. Os polígonos resultantes das digitalizações anteriores foram convertidos para o formato raster, com o identificador correspondente ao de sua classe na legenda do projeto, para posterior agrupamento com a imagem final, resultante da classificação automática.

Em outras palavras, o mapeamento, significa associar às classes temáticas o significado real encontrado no campo, ou seja, as classes de uso e cobertura da terra, que foram definidas previamente no banco de dados para este trabalho. Os polígonos resultantes das digitalizações anteriores foram convertidos para o formato raster, com o identificador correspondente ao de sua classe na legenda do projeto, para posterior agrupamento com a imagem final, resultante da classificação automática.

#### **3.4.7 Edição Matricial**

Na edição matricial o intérprete executa as correções de erros de classificação sobre o dado matricial e não sobre os dados vetoriais. Quando a edição é feita sobre os dados vetoriais, o intérprete necessita executar o procedimento de ajuste de linhas e poligonalização, etapas estas que não acontecem na edição matricial. Isto reduz o tempo de computação. No caso da edição matricial os polígonos mapeados são aceitos ou reclassificados em outras categorias de uso da terra, baseado na experiência do intérprete. Essa checagem de polígonos é feita usando como superfície de fundo uma imagem colorida (sintética) sob o mapa temático. Para visualizar a imagem de fundo, usam-se, com o mapa classificado, apenas as linhas dos polígonos, ou seja, o mapa classificado representado na forma vetorial.

#### **3.5. Estratégias adotadas para mapear o uso e ocupação da terra**

Conforme foi mostrado nas etapas anteriores, o mapa temático gerado pela classificação não supervisionada contém a representação das classes de uso e cobertura da terra. Considerando que este mapa contém erros de classificação, é evidente a necessidade de edição matricial, para melhorar os resultados obtidos. Nesse trabalho, a determinação uso e cobertura da terra foram obtidas da seguinte maneira: no mapeamento, elegeu-se, entre as classes temáticas geradas na classificação, uma para obter um mapa temático, contendo somente a distribuição espacial da classe eleita.

Sobre este mapa foi feita a edição matricial, em que o sistema permite ao intérprete modificar os resultados da classificação. Em outras palavras, corrigir os erros de omissão e inclusão no mapa, através da verificação dos resultados, trocando classes erroneamente classificadas ou corrigindo limites de polígonos. Uma vez terminada a correção do mapa, foi feito um novo mapeamento, em que outra classe temática foi eleita, gerando um segundo mapa com a distribuição espacial dessa nova classe. Sobre esse mapa aplicou-se, também, o procedimento de edição matricial para corrigir os erros de omissão e inclusão. Estes procedimentos foram utilizados de forma sistemática na imagem referenciada, fornecendo mapeamentos temáticos associados à perspectiva do uso e ocupação do espaço territorial. Com esses mapeamentos foi possível analisar com mais propriedade o uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas do Trecho Ribeirão Lajeado, Córrego Brejo da Passagem e Contribuinte do Ribeirão Lajeado percebendo a sua realidade ocupacional.

A partir dessa delimitação e qualificação das unidades amostrais, foi possível gerar os mapas de quantificação percentual de vegetação ciliar, uso e ocupação do solo e os pontos de coleta de água de cada unidade amostral. Esse tratamento e georreferenciamento de imagens, possibilitou realizar a análise comparativa da vegetação ciliar com a qualidade da água e a interação com outros fatores complementados no trabalho.

### **3.6. Caracterização Hidrológica**

Efetua-se medições de dados hidrológicos durante um período de cinco (5) meses (quinzenalmente), sendo obedecidos os períodos de estiagem e chuvoso da região.

O método utilizado para determinação da descarga líquida foi o da seção média, onde as vazões parciais são calculadas para cada subseção entre as verticais, a partir da largura, das médias de profundidades e de velocidades entre as verticais envolvidas (SANTOS et al, 2001). A vazão foi medida a cada campanha de tomadas de amostras de água, utilizando o microlinete hidrométrico, marca Global Water, modelo FP201. Após cada medição os dados foram calculados pelo método da seção média, organizados em planilhas de cálculo e posteriormente analisados.

Nas comparações das variáveis físicas e químicas com as variáveis hidrológicas em cada ponto amostral, foram utilizadas as vazões médias, e na análise unificada do comportamento das vazões com as bacias estudadas, levando em consideração o nível de conservação e preservação de cada bacia, a análise foi avaliada através das vazões específicas,

a partir da área de cada bacia:

$$Q_{esp} = \frac{Q_m}{A}$$

onde:

$Q_m$  = vazão média (m<sup>3</sup>/s);  
 $A$  = área da bacia (km<sup>2</sup>);

Foi calculada também a energia de fluxo associada a cada seção, onde foi estimado por número adimensional, o número de Froude:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$$

onde:

$V$  = velocidade média (m.s<sup>-1</sup>);  
 $g$  = aceleração gravitacional (m.s<sup>-2</sup>);  
 $D$  = profundidade hidráulica (m).

### 3.7. Caracterização físico-química da água

#### 3.7.1 Amostragem

Foram realizadas coletas de água para análises físico-químicas buscando o levantamento e conhecimento das variáveis alcalinidade, temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade, transparência, fósforo, nitrogênio inorgânico dissolvido (amônia, nitrito e nitrato), nitrogênio orgânico, nitrogênio total, matéria orgânica, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais, carbono orgânico total e carbono inorgânico dissolvido.

O estudo foi realizado entre os meses de março a maio de 2009 e os meses de agosto a setembro de 2009, através de 9 campanhas quinzenais realizadas sempre no intervalo entre 09:00 e 16:00h. Compreendeu neste período a estação chuvosa: março, abril e maio, denominada período 1 e a estação seca: agosto e setembro, denominado período 2.

As amostras de água foram coletadas na seção de saída de cada unidade amostral. Para a coleta de amostras utilizou-se garrafa de Van Dorn em cada vertical de tomada de

velocidade da água ou a 1/3, 1/2 e 2/3 da largura da seção. A Garrafa foi baixada em profundidades específicas do fundo da seção, em cada terço, sendo seu conteúdo homogeneizado. Frações desta amostra foram dispensadas em garrafas de polipropileno previamente lavadas com ácido sulfúrico (10%).

As amostras foram mantidas em caixa térmicas e resfriadas e posteriormente armazenadas e analisadas no laboratório de Microbiologia Ambiental, Setor Hidrobiologia do Campus de Palmas da Universidade Federal do Tocantins - UFT e no laboratório de qualidade de água do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Algumas variáveis: Oxigênio dissolvido, turbidez, temperatura, pH, alcalinidade, condutividade foram medidas diretamente em campo utilizando a Sonda Multiparâmetros, marca HORIBA, modelo U22XD.

### 3.7.2 Análises laboratoriais

As variáveis de interesse utilizadas para caracterizar o efeito de mata ciliar/uso nas microbacias hidrográficas incluíram: Alcalinidade, temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade, transparência (disco de secchi), fósforo, amônia, nitrito e nitrato (NID), nitrogênio orgânico, nitrogênio total, matéria orgânica, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais, carbono orgânico total e carbono inorgânico dissolvido.

No Quadro 1 são apresentadas e detalhadas as variáveis estudadas, bem como as unidades de medida e a metodologia aplicada.

Quadro 1 - Variáveis analisadas no laboratório de Microbiologia Ambiental, Setor Hidrobiologia da UFT e do laboratório de qualidade de água do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, da UFRGS, com as respectivas unidades de medida, simbologia e metodologia aplicada.

Variáveis	Unidade	Simbologia	Metodologia
Alcalinidade	mg.L <sup>-1</sup>	ALC	Sonda Multiparâmetros
Temperatura da água	° C	TMP	Sonda Multiparâmetros
Oxigênio Dissolvido	mg.L <sup>-1</sup>	OD	Sonda Multiparâmetros
pH	-	pH	Sonda Multiparâmetros
Turbidez	NTU	TBZ	Sonda Multiparâmetros
Condutividade	µS.cm <sup>-1</sup>	CND	Sonda Multiparâmetros
Transparência	m	Zsd	Disco de Secchi
Fósforo	mg.L <sup>-1</sup>	PO4	APHA(2005)
Amônia	mg.L <sup>-1</sup>	NH4 <sup>+</sup>	APHA(2005)
Nitrato	mg.L <sup>-1</sup>	NO3	APHA(2005)
Nitrito	mg.L <sup>-1</sup>	NO2	APHA(2005)
Nitrogênio Orgânico	mg.L <sup>-1</sup>	NO	APHA(2005)
Nitrogênio Total	mg.L <sup>-1</sup>	NT	APHA(2005)
Matéria orgânica	mg.L <sup>-1</sup>	MO	APHA(2005)
Sólidos totais dissolvidos	mg.L <sup>-1</sup>	STD	APHA(2005)

Sólidos totais	mg.L <sup>-1</sup>	ST	APHA(2005)
Carbono orgânico total	mg.L <sup>-1</sup>	COT	(Shimadzu, TOC-VCPH)
Carbono inorgânico dissolvido	mg.L <sup>-1</sup>	CID	(Shimadzu, TOC-VCPH)

### 3.8. Análise de dados

Os dados inicialmente foram organizados usando-se uma planilha de cálculo. Logo após efetuada uma estatística descritiva destes dados. A coleção de dados foi testada para verificação da sua distribuição normal e homocedasticidade. A falta de aderência foi corrigida por transformação dos dados (ex.: log x).

Em cada ponto amostral (1, 2 e 3) testou-se o quanto a resposta de uma variável (parâmetros físicos, químicos e hidrológicos) foi explicada com relação a outra, usando regressão linear simples.

A Análise de regressão busca estabelecer um relacionamento entre uma variável y e p outras variáveis  $x_1, x_2, \dots, x_p$  que explicam como variam y.

Numa regressão linear com parâmetros desconhecidos ( $\beta$ ), da forma  $\beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_px_p$ . Qualquer observação da variável y, digamos  $y_t$ , desvia-se do componente sistemático do modelo por uma quantia denominada por  $\varepsilon_t$ , de modo que a equação do modelo pode ser escrita na forma seguinte:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1x_{1t} + \beta_2x_{2t} + \dots + \beta_px_{pt} + \varepsilon_t$$

(Equação 17.40)

Onde  $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{pt}$  são as observações das variáveis  $x_1$  e  $x_2, \dots, x_p$  correspondentes à t – ésima observação de y, a saber  $y_t$ .

Para realização deste teste, a análise de variância ANOVA agrupa a metodologia dos mínimos quadrados, a qual é utilizada para se obter os valores correspondentes a fórmula explicitada acima. Esta vertente testada - Regressão Linear simples (Statview, versão 5.0) foi utilizada para comparar os parâmetros físicos, químicos e hidrológicos entre todo o sistema (estações e datas de amostragem). Para o uso da análise de regressão linear no presente estudo, adotou-se um nível de precisão de 95% ou erro de 5%.

A Análise dos Componentes Principais (ACP) foi utilizada com a finalidade de evidenciar e hierarquizar os fatores responsáveis pela variância dos dados, através da aplicação do programa PC-ORD, versão 5.0 (McCune & Mefford 1999). Esta análise

determinou as variações temporais e espaciais das condições físicas, químicas e hidrológicas, possibilitando estudar a variabilidade sazonal e a determinação de variáveis explicativas mais importantes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Variáveis ambientais

No mapeamento de uso e ocupação do solo das bacias, Trecho do Ribeirão Lajeado, Córrego Brejo da Passagem e Contribuinte do Ribeirão Lajeado, foram determinadas as classes de uso Cerrado Sentido Restrito Ralo, Cerrado Sentido Restrito Denso, Cerradão, Lago, Mata ciliar, Agropecuária, Pecuária Semi Intensiva e Estrada, conforme (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores de área (ha) e porcentagem (%) de oito classes, de uso e ocupação do solo, no trecho delimitado do Ribeirão Lajeado (Ponto 1), Córrego Brejo da Passagem (Ponto 2) e Contribuinte do Ribeirão Lajeado (Ponto 3), Palmas –TO.

Classes	Trecho do Ribeirão Lajeado		Córrego Brejo da Passagem		Contribuinte do Ribeirão Lajeado	
	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Cerrado Sentido Restrito Ralo	549.52	22.24	480.06	16.53	206.08	10.92
Cerrado Sentido Restrito Denso	262.74	10.64	307.72	10.60	379.98	20.14
Cerradão	127.34	5.15	-	-	119.71	6.35
Lago	6.51	0.26	-	-	1.48	0.08
Mata ciliar	545.6	<b>22.09</b>	429.76	<b>14.80</b>	925.80	<b>49.08</b>
Agropecuária	28.17	1.14	367.81	12.66	42.38	2.25
Pecuária Semi Intensiva	950.60	38.48	1.631,20	56.16	210.95	11.18
Estrada	-	-	32.55	1.12	-	-

Foram identificadas e quantificadas as classes de uso e ocupação do solo nas bacias delimitadas (figura 10), onde se verificou que a bacia Brejo da Passagem (Ponto 2) apresentou menor percentual de mata ciliar ao passo que a bacia Contribuinte do Ribeirão Lajeado (Ponto 3) apresentou o maior percentual de mata ciliar das três bacias estudadas. Com essa informação pode-se observar que, por apresentar um maior percentual de mata ciliar destacada na figura 10, a bacia Contribuinte do Ribeirão Lajeado é a mais conservada e preservada dentre as outras duas estudadas. Com relação às classes de uso referentes à agropecuária e pecuária semi intensiva, observou que a bacia Brejo da Passagem foi a que apresentou maiores percentuais, ou seja fazendo com que ao longo do tempo a cobertura vegetal dessa bacia tenha sofrido possíveis modificações. A bacia trecho do Ribeirão Lajeado, que está contemplada em partes no Parque Estadual do Lajeado e Área de Proteção Ambiental, sendo seus usos mais restritivos, apresentou um percentual de agropecuária menor que a bacia Contribuinte do Ribeirão Lajeado. Em contrapartida essa mesma bacia, considerada a mais conservada, foi a que demonstrou resultado mais baixo de pecuária semi

intensiva. De forma geral esses usos foram relativamente baixos devido essas bacias estarem parcialmente contempladas em áreas de proteção ambiental e parque de proteção integral, onde os usos são mais limitantes.

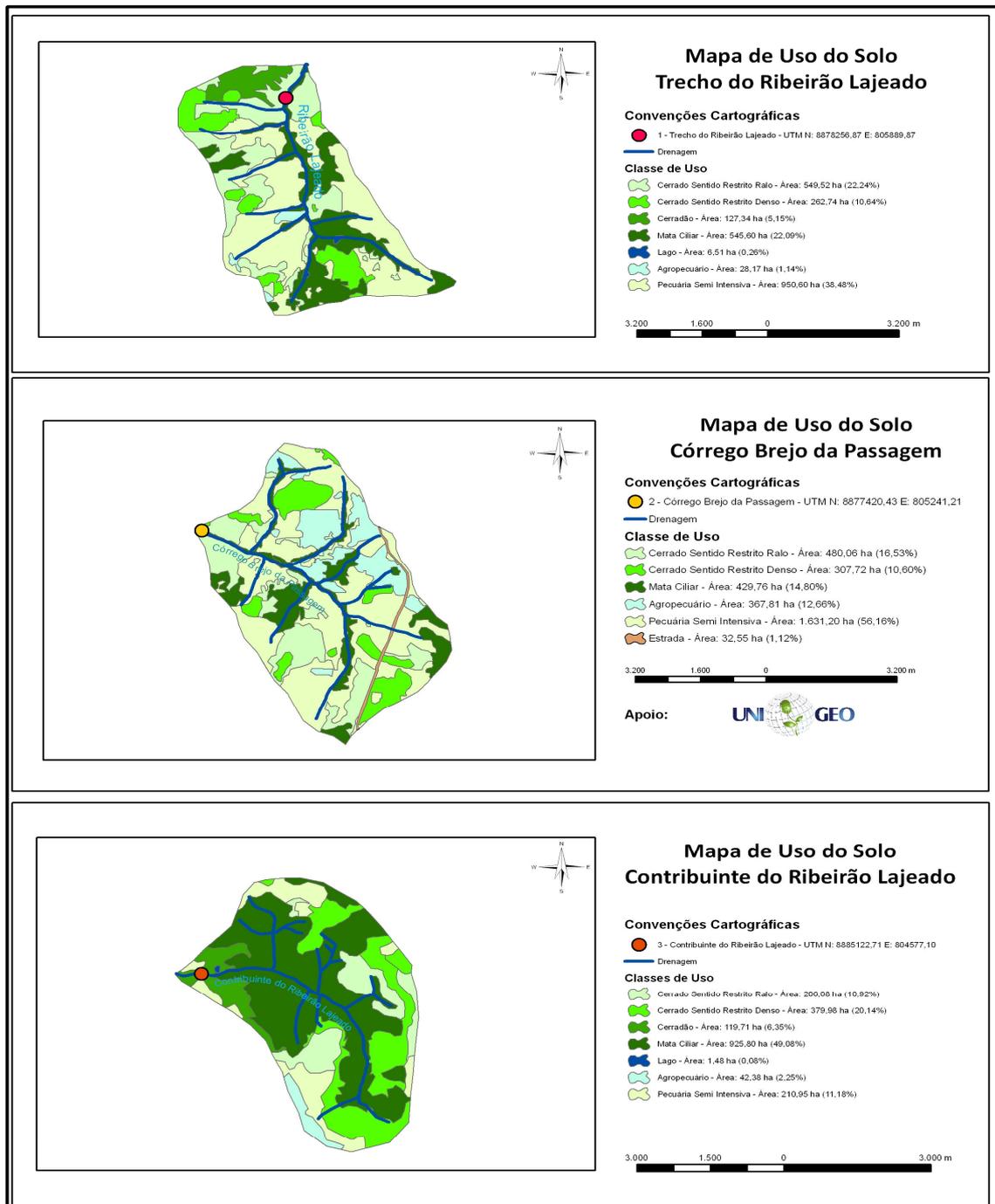


Figura 10 - Mapas de Uso e ocupação do solo nos pontos estudados.

#### 4.2. Variáveis hidrológicas, físicas e químicas

As matas ciliares caracterizadas como formações vegetais do tipo florestal que se encontram associadas aos corpos d'água, ao longo dos quais podem estender-se por dezenas de metros a partir das margens e apresentar marcantes variações na composição florística e na estrutura comunitária, são de extrema importância para a manutenção da qualidade das águas dos rios, controle do regime hídrico, redução da erosão às margens dos rios, manutenção da ictiofauna e melhoria dos aspectos paisagísticos (Oliveira Filho, 1994).

Analisando de forma descritiva os dados (tabela 4; figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19) no período chuvoso (março, abril e maio) monitorado e comparando os pontos amostrais 1, 2 e 3, sendo o ponto 3, a bacia considerada a mais preservada, pode-se evidenciar um gradiente de temperatura, nitrogênio inorgânico dissolvido, pH e Froude, maior no ponto 3. As variáveis condutividade, nitrogênio orgânico, sólidos totais dissolvidos e transparência demonstraram valores mais elevados no ponto 1. A turbidez, nitrogênio total, sólidos totais, matéria orgânica, alcalinidade, oxigênio dissolvido e vazão mostram um gradiente relativamente alto no ponto 2. Foi observado que a variável fosfato apresentou os mesmos valores nos pontos 1 e 2.

Tabela 4 - Médias, mínimas, máximas,  $\pm$  desvio padrão e coeficiente de variação das concentrações das variáveis T = temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), CND = condutividade ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ), OD = oxigênio dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), pH = potencial hidrogeniônico, ALC = alcalinidade ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), NID = nitrogênio inorgânico dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), NO = nitrogênio orgânico ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), NT = nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), PO4 = fosfato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), Zsd = transparência (m), TBZ = Turbidez (NTU), STD = sólidos totais dissolvidos ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), ST = sólidos totais ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), MO = matéria orgânica ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), Q = vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) e Froude =  $n^{\circ}$  de froude, nos pontos 1, 2 e 3, referente ao período chuvoso.

<b>Ponto 1</b>																
<b>Variáveis</b>	<b>T</b>	<b>CND</b>	<b>OD</b>	<b>pH</b>	<b>ALC</b>	<b>NID</b>	<b>NO</b>	<b>NT</b>	<b>PO4</b>	<b>Zsd</b>	<b>TBZ</b>	<b>STD</b>	<b>ST</b>	<b>MO</b>	<b>Q</b>	<b>Froude</b>
Méd.	23,48	4,34	9,15	6,01	11,33	0,88	3,85	4,73	0,03	1,90	2,33	1,98	1,57	0,97	0,66	0,13
Min.	22,97	3,19	8,52	5,44	4,00	0,49	1,40	1,90	0,00	1,84	1,50	1,58	1,14	0,36	0,47	0,10
Máx.	24,10	5,31	10,26	6,30	21,00	1,66	5,37	6,44	0,05	1,95	3,00	2,65	2,10	1,78	0,78	0,14
Dp ( $\pm$ )	0,57	1,07	0,96	0,50	8,74	0,67	2,14	2,47	0,03	0,06	0,76	0,58	0,49	0,73	0,17	0,03
CV(%)	2,43	24,69	10,48	8,26	77,09	76,09	55,62	52,16	86,76	3,04	32,73	29,52	30,94	75,75	25,68	20,01
<b>Ponto 2</b>																
<b>Variáveis</b>	<b>T</b>	<b>CND</b>	<b>OD</b>	<b>pH</b>	<b>ALC</b>	<b>NID</b>	<b>NO</b>	<b>NT</b>	<b>PO4</b>	<b>Zsd</b>	<b>TBZ</b>	<b>STD</b>	<b>ST</b>	<b>MO</b>	<b>Q</b>	<b>Froude</b>
Méd.	24,65	3,43	9,23	6,02	13,33	0,92	3,84	4,76	0,03	1,23	4,83	1,80	2,28	1,36	0,69	0,34
Min.	24,34	2,75	9,14	5,31	6,00	0,34	2,80	3,11	0,00	1,11	2,50	1,36	1,52	0,56	0,44	0,25
Máx.	24,86	4,11	9,35	6,40	23,00	1,56	4,65	6,23	0,05	1,31	7,00	2,31	3,60	2,36	0,99	0,47
Dp ( $\pm$ )	0,28	0,68	0,11	0,62	8,74	0,61	0,95	1,56	0,02	0,11	2,25	0,48	1,15	0,92	0,28	0,11
CV(%)	1,12	19,81	1,16	10,22	65,53	66,72	24,64	32,87	93,82	8,86	46,65	26,85	50,33	67,63	40,94	32,80
<b>Ponto 3</b>																
<b>Variáveis</b>	<b>T</b>	<b>CND</b>	<b>OD</b>	<b>pH</b>	<b>ALC</b>	<b>NID</b>	<b>NO</b>	<b>NT</b>	<b>PO4</b>	<b>Zsd</b>	<b>TBZ</b>	<b>STD</b>	<b>ST</b>	<b>MO</b>	<b>Q</b>	<b>Froude</b>
Méd.	25,04	3,17	8,29	6,22	7,67	1,35	2,57	3,91	0,02	0,44	3,67	1,58	1,75	1,25	0,38	0,55
Min.	24,64	2,66	7,76	5,81	4,00	1,03	0,93	1,95	0,01	0,39	3,50	1,31	0,48	0,22	0,30	0,51
Máx.	25,43	3,52	8,75	6,55	15,00	1,87	3,50	5,37	0,04	0,47	4,00	1,76	2,80	2,16	0,43	0,59
Dp ( $\pm$ )	0,40	0,45	0,50	0,38	6,35	0,46	1,42	1,77	0,01	0,05	0,29	0,24	1,17	0,98	0,07	0,04
CV(%)	1,59	14,21	6,04	6,05	82,84	33,77	55,33	45,18	63,27	10,84	7,87	15,41	67,25	78,20	18,11	6,51

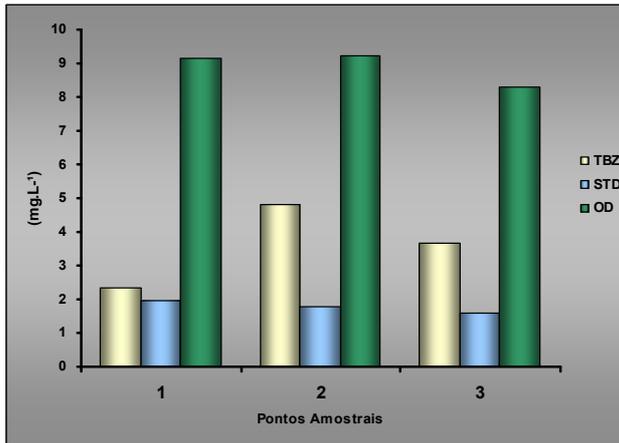


Figura 11 - Médias das concentrações das variáveis, Turbidez – TBZ, Sólidos Totais Dissolvidos – STD e Oxigênio Dissolvido - OD, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.

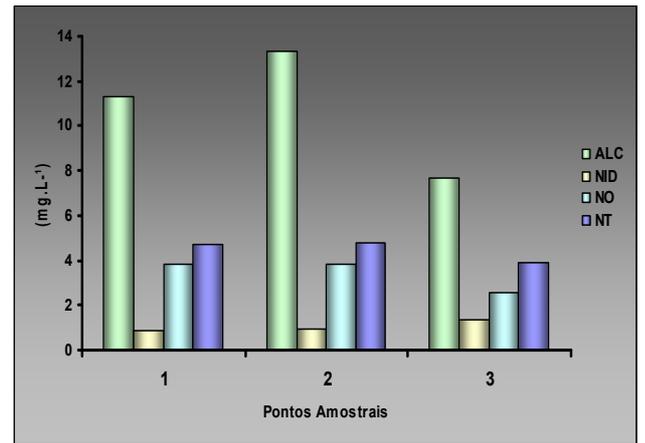


Figura 12 - Médias das concentrações das variáveis, Alcalinidade – ALC, Nitrogênio Inorgânico Dissolvido – NID, Nitrogênio Orgânico - NO e Nitrogênio Total – NT, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.

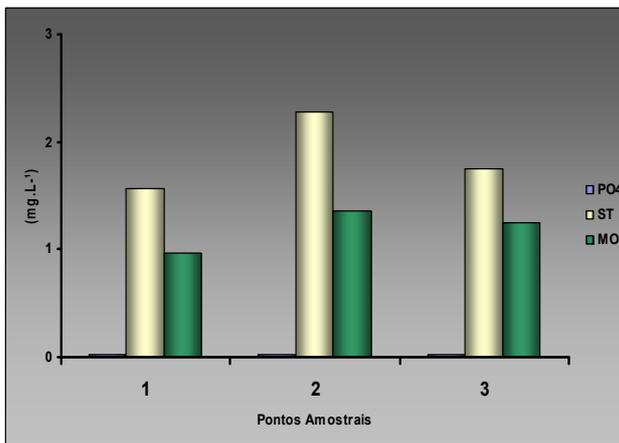


Figura 13 - Médias das concentrações das variáveis, Fósforo – PO<sub>4</sub>, Sólidos Totais – ST e Matéria Orgânica – MO, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.

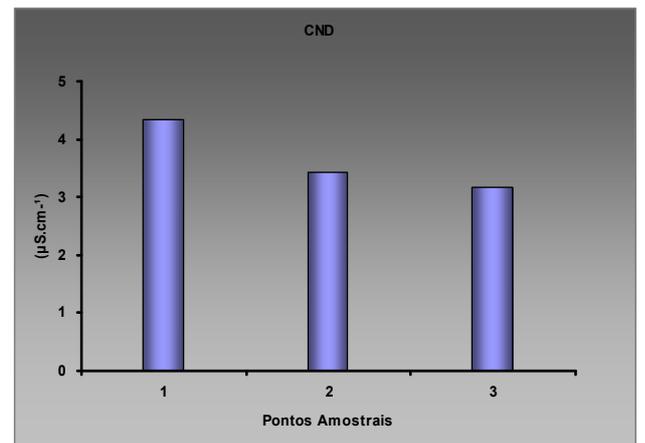


Figura 14 - Médias das concentrações da variável, Condutividade – CND, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.

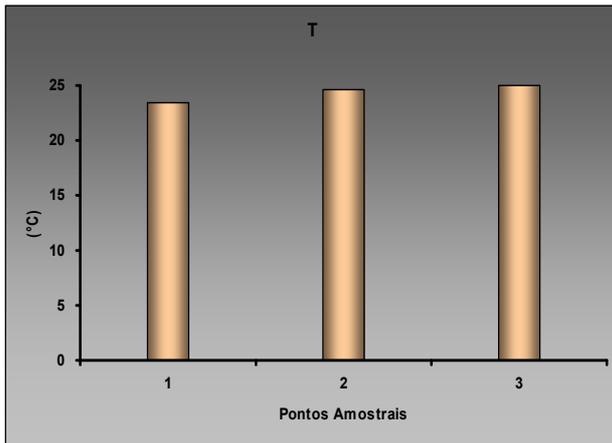


Figura 15 - Médias das concentrações da variável, Temperatura – T, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.

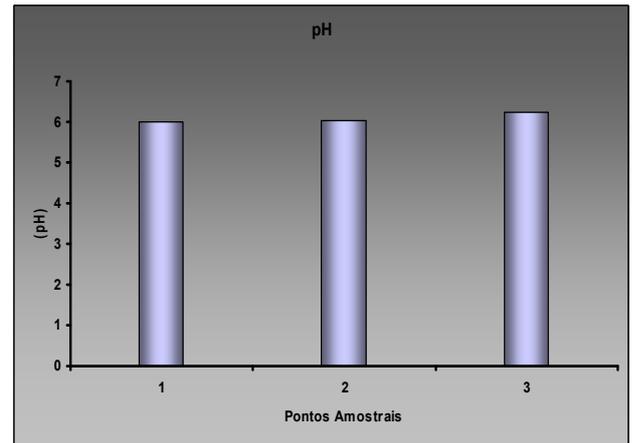


Figura 16 - Médias das concentrações da variável, Potencial Hidrogeniônico – pH, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.

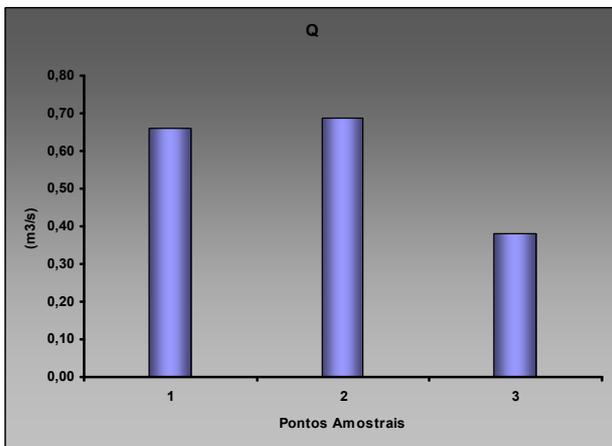


Figura 17 - Médias das concentrações da variável, Vazão – Q, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.

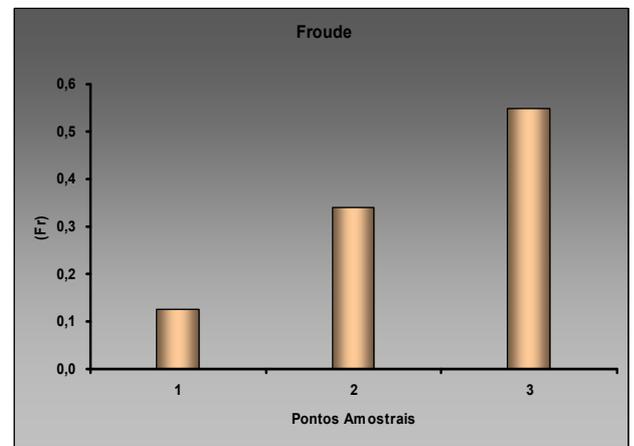


Figura 18 - Médias das concentrações da variável Froude – Fr, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.

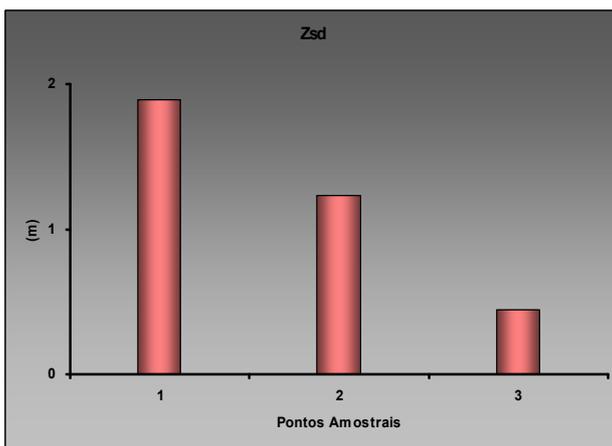


Figura 19 - Médias da variável Transparência –Zsd, no período chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.

Discorrendo sobre a estatística descritiva dos dados e comparando os resultados obtidos nos três pontos, observou-se que no período chuvoso houve flutuações significativas

de algumas variáveis analisadas. O ponto 3, bacia considerada a mais preservada, apresentou gradientes maiores de temperatura (figura 15), nitrogênio inorgânico dissolvido (figura 12), pH (figura 16) e froude (figura 18). Estas variações relativamente maiores podem estar associadas à sazonalidade. Estudos demonstram que as florestas ripárias, são ambientes únicos devido à sua posição na paisagem e funcionam, em termos micrometeorológicos, como um “oásis”, absorvendo energia, evaporando a água, aumentando a umidade do local e diminuindo sua temperatura. Esse efeito de aumento da temperatura ocorre durante o dia, pois segundo Fritzsos *et. al.*, (2005) durante a noite, a curva da temperatura tende a se inverter. Neste caso a variável não mostrou uma resposta em termos comparativos acerca do grau de preservação de bacias.

As variáveis NID e pH, apesar de apresentarem maiores valores no ponto 3, foram favorecidas pelos altos valores de Froude, provavelmente evidenciando o maior transporte de fluxo dessas variáveis.

Os pontos 1 e 2, as bacias consideradas menos conservadas, mostraram maiores flutuações das variáveis, no mesmo período amostral. O ponto 1 apresentou variações dos valores de sólidos totais dissolvidos (figura 11) relativamente mais altas, provavelmente influenciando diretamente na condutividade (figura 14) e no carreamento maior de nitrogênio orgânico (figura 12), pois, segundo Pompêo *et al.*, (1997); Moschini-Carlos *et al.*, (1999) no período chuvoso, há possivelmente um aumento da condutividade elétrica devido à entrada de material alóctone, incluindo íons. A variável transparência (figura 19) foi também relativamente alta neste ponto. No ponto 2, a vazão média (figura 17) apresentou valor mais elevado, este fato pode ser possivelmente explicado pelo escoamento superficial em áreas menos vegetadas ser maior no período chuvoso contribuindo para o aumento da vazão. Para Elmore & Beschta, (1987), a recuperação da vegetação ciliar contribui para com o aumento da capacidade de armazenamento da água na microbacia ao longo da zona ripária, o que contribui para o aumento da vazão na estação seca do ano.

A turbidez (figura 11), nitrogênio total (figura 12), sólidos totais e matéria orgânica (figura 13), alcalinidade (figura 12), oxigênio dissolvido (figura 11) tiveram valores elevados, provavelmente devido ao aumento da vazão. O fósforo (figura 13) apresentou variações similares nos pontos 1 e 2. Silva, (2008) que também testou essa variável em diferentes bacias com uso e ocupação do solo, detectou valores proporcionalmente iguais para todas as áreas estudadas, indicando com base em Leite (2004) a fixação da variável por outros elementos ainda no solo, antes que o mesmo fosse lixiviado.

De acordo com a média das concentrações das variáveis e a média dos meses amostrais (tabela 5; figuras 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 e 28) no período seco (agosto e setembro) monitorado e comparando com os pontos amostrais 1, 2 e 3, nota-se um gradiente de temperatura, condutividade, sólidos totais dissolvidos e transparência maiores no ponto 1. A turbidez, pH, alcalinidade, nitrogênio inorgânico dissolvido, sólidos totais, matéria orgânica e froude, mostram um gradiente relativamente alto no ponto 2. Avaliando as variáveis oxigênio dissolvido, nitrogênio (orgânico e total) e a vazão, demonstraram valores mais altos no ponto 3. Foi observado que a variável fosfato apresentou valores iguais em todos os pontos.

Tabela 5 - Médias, mínimas, máximas,  $\pm$  desvio padrão e coeficiente de variação das concentrações das variáveis T = temperatura ( $^{\circ}$ C), CND = condutividade ( $\mu$ S.cm $^{-1}$ ), OD = oxigênio dissolvido (mg.L $^{-1}$ ), pH = potencial hidrogeniônico, ALC = alcalinidade (mg.L $^{-1}$ ), NID = nitrogênio inorgânico dissolvido (mg.L $^{-1}$ ), NO = nitrogênio orgânico (mg.L $^{-1}$ ), NT = nitrogênio total (mg.L $^{-1}$ ), PO4 = fosfato (mg.L $^{-1}$ ), Zsd = transparência (m), TBZ = Turbidez (NTU), STD = sólidos totais dissolvidos (mg.L $^{-1}$ ), ST = sólidos totais (mg.L $^{-1}$ ), MO = matéria orgânica (mg.L $^{-1}$ ), Q = vazão (m $^3$ /s) e Froude = n $^{\circ}$  de froude, nos pontos 1, 2 e 3, referente ao período seco.

<b>Ponto 1</b>																
Variáveis	T	CND	OD	pH	ALC	NID	NO	NT	PO4	Zsd	TBZ	STD	ST	MO	Q	Froude
Méd.	23,00	7,01	5,00	5,68	14,50	0,66	3,62	4,28	0,05	0,50	1,57	3,40	1,34	0,82	0,06	0,22
Min.	22,30	5,95	3,95	5,49	12,00	0,26	3,50	3,99	0,05	0,33	1,51	2,93	0,86	0,40	0,02	0,16
Máx.	23,70	8,08	6,05	5,87	17,00	1,07	3,73	4,56	0,05	0,66	1,64	3,87	1,82	1,24	0,09	0,27
Dp ( $\pm$ )	0,99	1,51	1,48	0,27	3,54	0,57	0,17	0,41	0,00	0,23	0,09	0,66	0,68	0,59	0,05	0,08
CV(%)	4,30	21,53	29,70	4,79	24,38	86,36	4,64	9,50	0,66	47,14	5,62	19,55	50,66	72,44	85,11	35,15
<b>Ponto 2</b>																
Variáveis	T	CND	OD	pH	ALC	NID	NO	NT	PO4	Zsd	TBZ	STD	ST	MO	Q	Froude
Méd.	21,78	4,90	5,88	6,00	16,50	1,40	4,08	5,24	0,05	0,26	6,65	2,46	3,78	2,49	0,02	0,42
Min.	20,45	4,68	4,95	5,82	10,00	0,71	3,27	4,86	0,02	0,21	6,18	2,37	1,74	1,40	0,01	0,29
Máx.	23,10	5,13	6,80	6,18	23,00	2,09	4,90	5,61	0,08	0,31	7,12	2,56	5,82	3,58	0,03	0,55
Dp ( $\pm$ )	1,87	0,32	1,31	0,26	9,19	0,97	1,16	0,54	0,04	0,07	0,66	0,13	2,88	1,54	0,01	0,18
CV(%)	8,61	6,49	22,27	4,30	55,71	69,39	28,29	10,23	78,57	28,83	10,00	5,31	76,32	61,91	55,34	42,78
<b>Ponto 3</b>																
Variáveis	T	CND	OD	pH	ALC	NID	NO	NT	PO4	Zsd	TBZ	STD	ST	MO	Q	Froude
Méd.	20,85	4,59	8,10	5,82	15,00	1,05	4,32	5,36	0,05	0,38	3,04	2,30	1,44	1,01	0,08	0,25
Min.	19,70	4,56	7,45	5,62	11,00	0,52	4,20	4,95	0,01	0,34	2,92	2,27	0,76	0,50	0,07	0,23
Máx.	22,00	4,63	8,75	6,02	19,00	1,58	4,43	5,78	0,09	0,42	3,17	2,33	2,12	1,52	0,10	0,26
Dp ( $\pm$ )	1,63	0,05	0,92	0,28	5,66	0,75	0,17	0,58	0,05	0,05	0,18	0,04	0,96	0,72	0,02	0,02
CV(%)	7,80	1,15	11,35	4,86	37,71	71,45	3,82	10,87	109,18	14,05	5,82	1,84	66,78	71,41	18,41	9,31

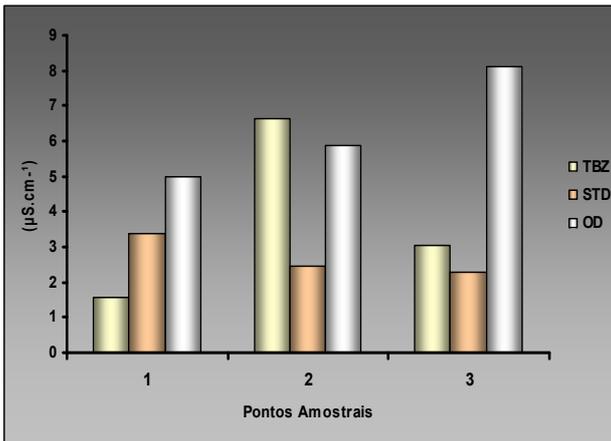


Figura 20 - Médias das concentrações das variáveis, Turbidez – TBZ, Sólidos Totais Dissolvidos – STD e Oxigênio Dissolvido - OD, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3.

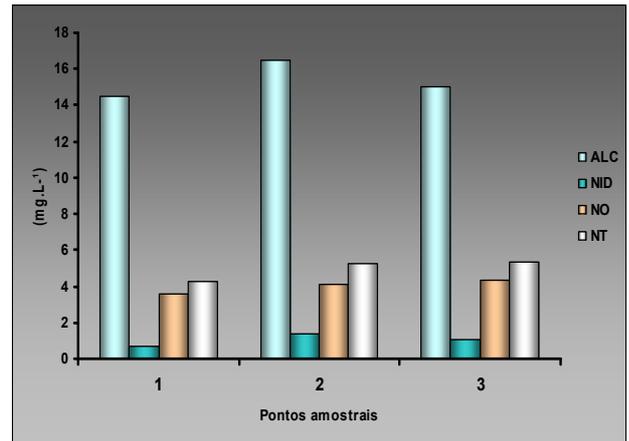


Figura 21 - Médias das concentrações das variáveis, Alcalinidade – ALC, Nitrogênio Inorgânico Dissolvido – NID, Nitrogênio Orgânico -NO e Nitrogênio Total – NT, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3.

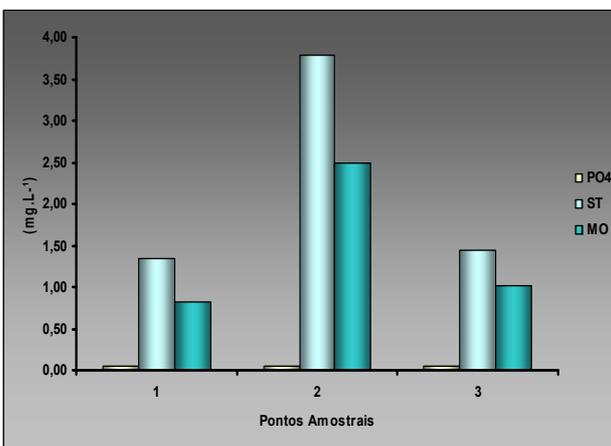


Figura 22 - Médias das concentrações das variáveis, Fósforo – PO4, Sólidos Totais – ST e Matéria Orgânica – MO, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3.

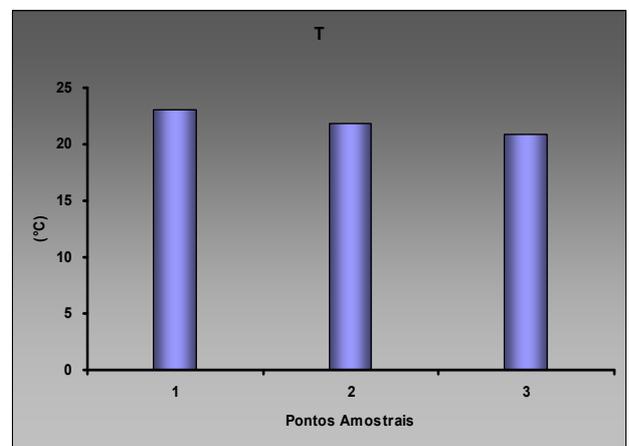


Figura 23 - Médias das concentrações da variável Temperatura - T, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3.

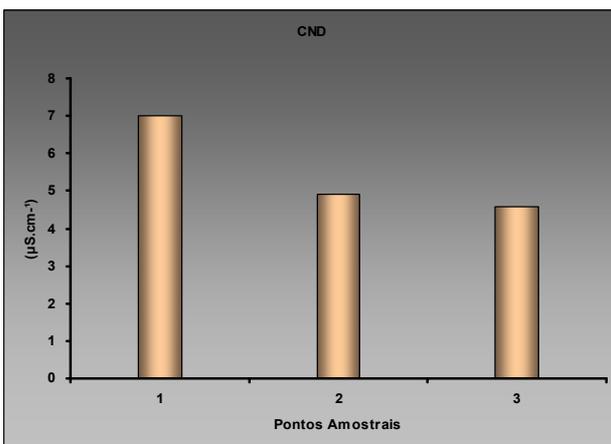


Figura 24 - Médias das concentrações da variável, Condutividade - CND, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3.

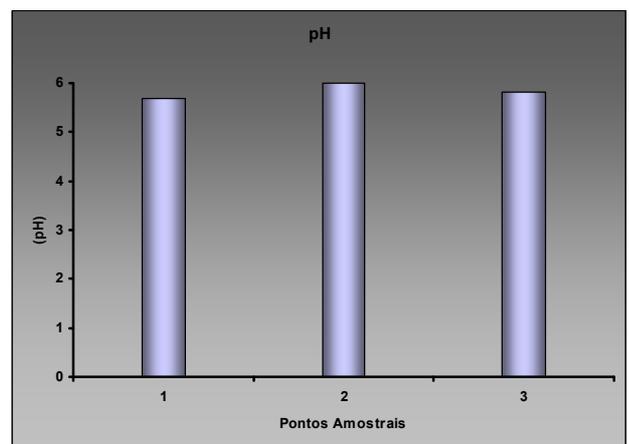


Figura 25 - Médias das concentrações da variável, Potencial Hidrogeniônico - pH, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3.

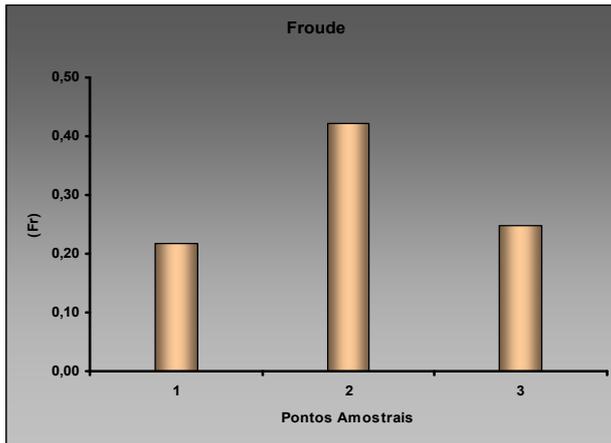


Figura 26 - Médias das concentrações da variável Froude - Fr, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3.

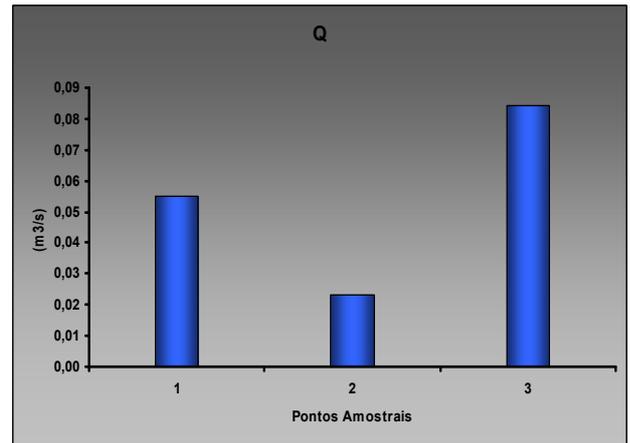


Figura 27 - Médias das concentrações da variável Vazão - Q, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3.

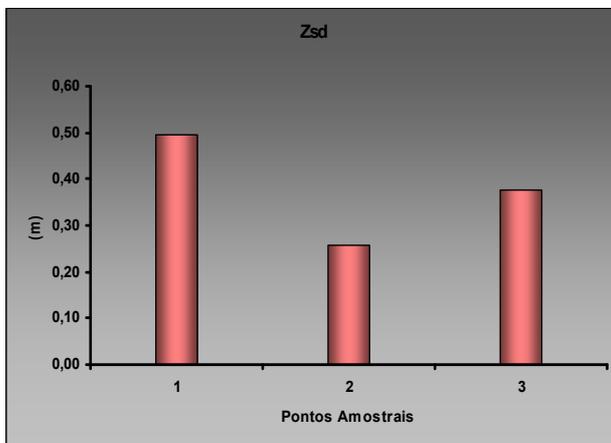


Figura 28 - Médias da variável Transparência - Zsd, no período seco, nos pontos 1, 2 e 3.

Analisando os resultados alcançados durante o período seco, nota-se que o ponto 1 apresentou variações maiores nas concentrações de temperatura (figura 23), condutividade (figura 24), sólidos totais dissolvidos (figura 20) e na variável transparência (figura 28). Como a vazão (figura 27) pode interferir diretamente nas variáveis qualitativas, os resultados mostraram grandes variações, possivelmente devido à diminuição da mesma e da energia de fluxo, o que favorece o transporte mais contínuo de variáveis como os sólidos totais dissolvidos, por conseguinte diminuindo os valores de condutividade.

A turbidez (figura 20), pH (figura 25), Froude (figura 26), alcalinidade e nitrogênio inorgânico dissolvido (figura 21), sólidos totais e matéria orgânica (figura 22) demonstraram um gradiente relativamente alto no ponto 2. Essas elevadas concentrações podem ser caracterizadas pelo nível de uso da bacia. Segundo Bleich *et al.* (2009) as grandes variações espaciais de parâmetros físico-químicos indicam que o ambiente aquático é sensível às

modificações no ambiente de entorno, aumentando as concentrações de material em suspensão na porção do córrego onde a vegetação foi retirada. Todavia, apesar dos altos valores das variáveis físico-químicas, os valores de Froude consideravelmente mais altos favoreceram uma energia de mistura mais rápida.

As concentrações das variáveis oxigênio dissolvido (figura 20), nitrogênio orgânico e nitrogênio total (figura 21) e a vazão (figura 27), no período seco apresentaram valores mais altos no ponto 3. Pode-se perceber que estas variáveis respondem significativamente aos valores de vazão, e mais expressiva comparando com as demais bacias. O aporte de nitrogênio foi relativamente maior neste ponto, podendo ser diretamente explicado pela diminuição da energia de fluxo o que possivelmente causou a diminuição de mistura.

A variável fósforo (figura 22) mostrou valores similares em todos os pontos. Esse fato pode ser explicado pelos usos múltiplos mais restritivos das bacias que apresentam, principalmente com relação à agricultura e pecuária e também possivelmente (Leite, 2004) pela fixação da variável por outros elementos no solo.

Analisando os dados conforme o estudo de regressão linear simples verificou – se que a ANOVA mostrou diferenças significativas, ( $P < 0.05$ ) dos parâmetros físicos, químicos e hidrológicos, nos três pontos amostrais analisados, compreendendo como um todo os dois períodos estudados (chuvoso e seco).

A análise de regressão linear simples foi aplicada nos dados integrados, coletados no período chuvoso (mar1, mar2, abr1, abr2 e mai1) e no período seco (ago1, ago2, set1 e set2) com objetivo de verificar as relações existentes entre as variáveis físicas, químicas e hidrológicas e os pontos 1, 2 e 3, (tabela 6, 7 e 8), (figuras 29, 30 e 31).

Os resultados da regressão (Ponto 1) após os dados serem transformados em log, demonstraram uma relação positiva entre CND - STD; Zsd e Q; OD - Q e MO- ST. Demonstrou também relação negativa entre as variáveis OD - Froude e OD – STD. No ponto 2, verificou –se através do teste, afinidades entre CND - (STD); T e Q; OD e Q; Zsd e Q; MO e ST. No ponto 3 observou-se também relações significantes entre as variáveis, T e Q; STD e Q; CND e STD; STD e Froude; MO e ST.

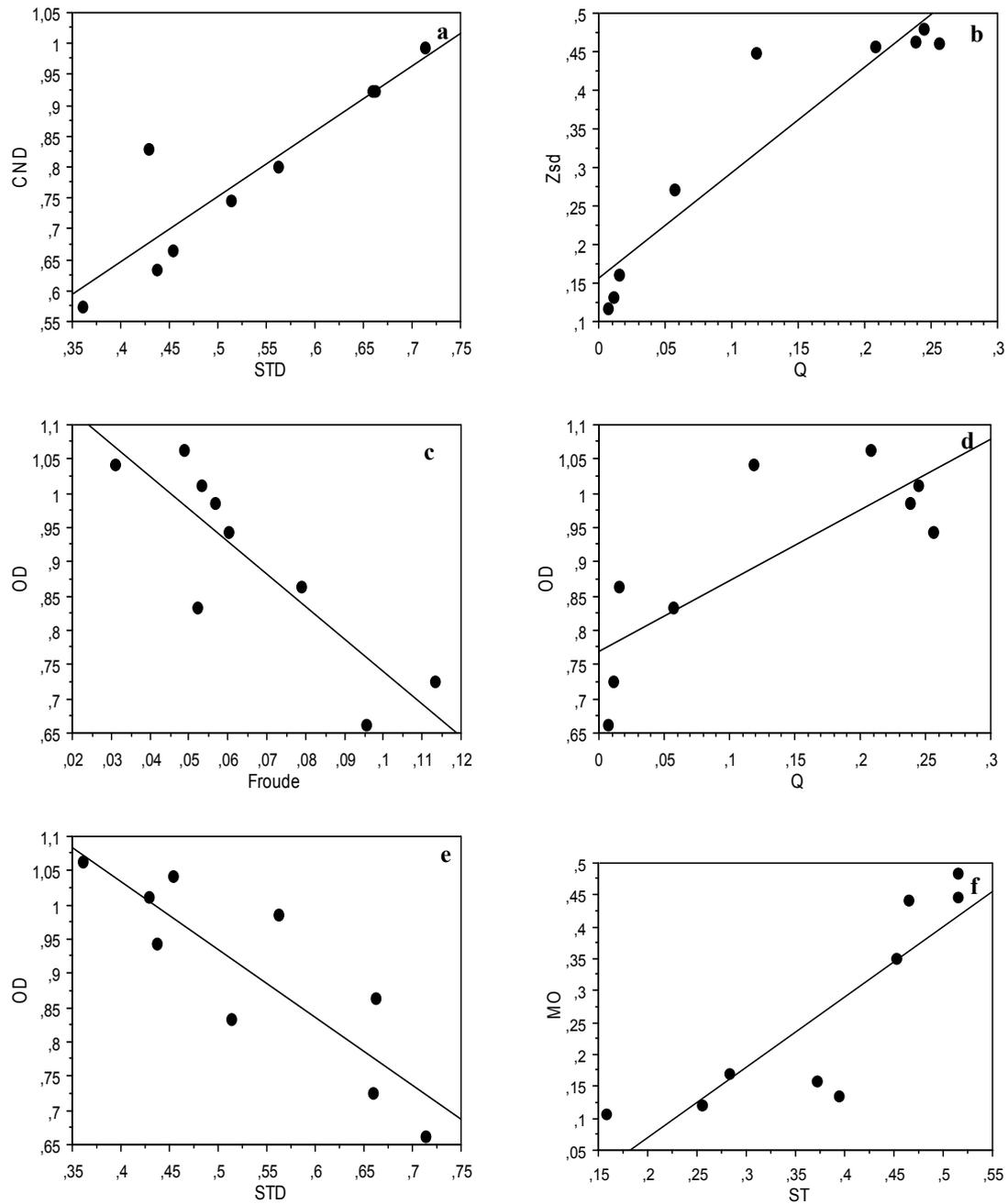


Figura 29 - Relações entre (a) Condutividade – CND e Sólidos Totais Dissolvidos – STD; (b) Transparência – Zsd e Vazão – Q; (c) Oxigênio Dissolvido – OD e número de Froude - Froude; (d) OD e Q; (e) OD e STD; (f) Matéria Orgânica - MO e Sólidos Totais – ST, no ponto 1.

Tabela 6 - Resultados da regressão linear no ponto 1, que descrevem relações entre CND - Condutividade, Zsd – Transparência, OD – Oxigênio Dissolvido, MO – Matéria Orgânica (variáveis dependentes) e variáveis físicas, químicas e hidrológicas.

Variável dependente	Variável independente	$R^2$	$F$	$P$
CND	STD	0.82	32.59	0.0007
Zsd	Q	0.87	48.34	0.0002
OD	Froude	0.74	20.11	0.003
	Q	0.63	11.87	0.011
MO	STD	0.64	19.89	0.003
	ST	0.75	20.51	0.003

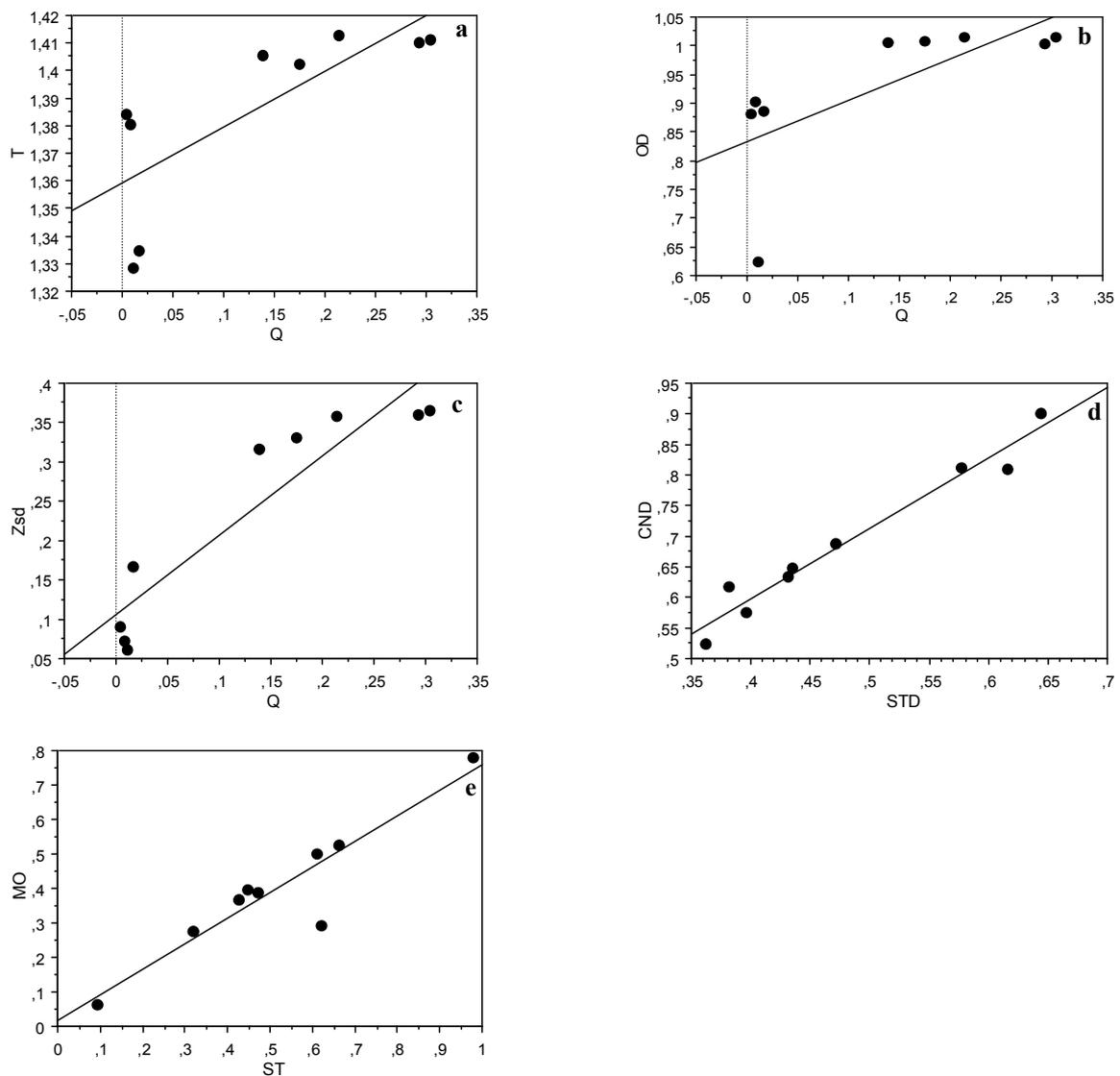


Figura 30 - Relações entre (a) Temperatura – T e Vazão – Q; (b) Oxigênio dissolvido – OD e Vazão - Q; (c) Transparência – Zsd e Vazão – Q; (d) Condutividade – CND e Sólidos Totais Dissolvidos – STD; (e) Matéria Orgânica – MO e Sólidos Totais – ST, no ponto 2.

Tabela 7 - Resultados da regressão linear no ponto 2, que descrevem relações entre CND - Condutividade, T - Temperatura, OD - Oxigênio Dissolvido, Zsd - Transparência, MO - Matéria Orgânica (variáveis dependentes) e variáveis físicas, químicas e hidrológicas.

Variável dependente	Variável independente	$R^2$	F	P
CND	STD	0.96	167.5	< 0.0001
T	Q	0.59	10.25	0.015
OD		0.49	6.69	0.036
Zsd		0.86	3.97	0.005
MO	ST	0.86	44.11	0.0003

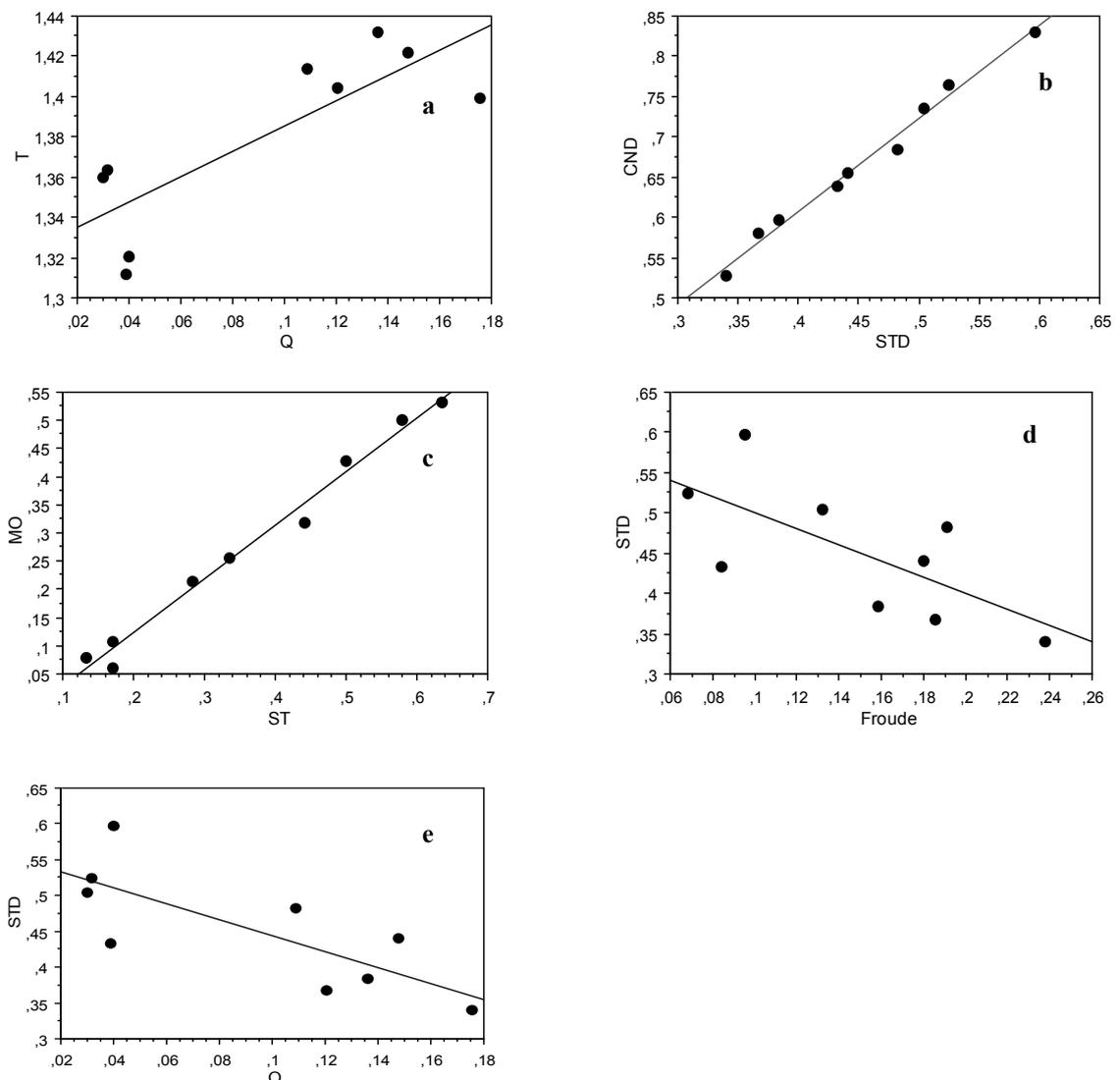


Figura 31- Relações entre (a) Temperatura – T e Vazão – Q ; (b) Condutividade – CND e Sólidos Totais Dissolvidos – STD; (c) Matéria orgânica – MO e Sólidos Totais – ST; (d) Sólidos Totais Dissolvidos – STD e número de Froude - Froude; (e) Sólidos Totais Dissolvidos – STD e Vazão – Q, no ponto 3.

Tabela 8 - Resultados da regressão linear no ponto 3, que descrevem relações entre T - Temperatura, STD – Sólidos Totais Dissolvidos, CND - Condutividade, MO – Matéria Orgânica (variáveis dependentes) e variáveis físicas, químicas e hidrológicas.

Variável dependente	Variável independente	$R^2$	$F$	$P$
T	Q	0.67	14.05	0.007
STD		0.59	9.97	0.016
CND	STD	0.99	516,98	< 0.0001
STD	Froude	0.48	6.39	0.039
MO	ST	0.99	482.22	< 0.0001

De acordo com o teste de regressão linear simples aplicado aos dados de forma integrada nos períodos seco e chuvoso, verificou-se relações positivas entre: CND x STD; Zsd x Q; OD x Q e MO x ST, no ponto 1 (figura 29). A produção de sólidos totais dissolvidos interferiu diretamente na concentração da condutividade, ou seja, à medida que a produção de STD sofreu variações a condutividade apresentou resultados diretamente proporcionais a essa variação (Arcova, 1996). O aumento dos valores demonstra possivelmente o maior aporte de materiais das margens desta bacia, onde provavelmente ocorreu maior produção de sedimentos, maior lixiviação para o curso d'água e menor diluição do sistema.

A transparência apresentou uma relação significativa com a vazão embora seja possível observar que quando a vazão variava-se os níveis de transparência se mantinha total. O OD apresentou também uma relação positiva com a vazão oscilando proporcionalmente. No período chuvoso a concentração do OD foi alta, variando com o aumento da vazão no período. A matéria orgânica apresentou relações significativas com as concentrações de sólidos totais, já que a Matéria Orgânica Particulada é componente dos sólidos dissolvidos na água, talvez demonstrando que a mesma seja um componente importante da matéria orgânica nestes riachos, como é esperado possivelmente para riachos de baixas ordens. Vannote *et al.* (1980); Naiman *et al.* (1987); Meyer & Likens, (1979) afirmam que a maior parte das entradas de nutrientes e matéria orgânica dos ecossistemas terrestres para os ambientes aquáticos entra via pequenos córregos sendo que as concentrações de materiais particulados e dissolvidos refletem os efeitos combinados do transporte do material da bacia e processamento do material que ocorre no canal do córrego.

Ainda no Ponto 1 os testes demonstraram correlação negativa nas relações OD x Froude e OD x STD. Isolando-se o OD como variável dependente em relação ao Froude e STD, observa-se que estas ao aumentarem, provocaram diminuição nos níveis de OD no

ponto 1. Mesmo com o acréscimo da energia de fluxo no sistema, pode-se aferir das informações extraídas que o aumento dos sólidos totais dissolvidos causou a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido.

No ponto 2 (figura 30), verificou-se pelo teste da análise, relações diretamente proporcionais (positivas) entre as variáveis:  $T \times Q$ ;  $Zsd \times Q$ ;  $OD \times Q$ ;  $CND \times STD$  e  $MO \times ST$ . A temperatura apresentou correlação significativa com os resultados de vazão no ponto 2, podendo ter sido influenciado pela sazonalidade bastante marcante. O período chuvoso apresentou valores de vazão relativamente maiores, e no período seco esses resultados diminuíram intensivamente, interferindo provavelmente na variação da temperatura.

Ao se comparar a transparência com a variável vazão, pode-se perceber também uma relação significativa (positiva) entre as mesmas. Todavia, percebeu que embora a vazão aumentasse ou diminuísse os níveis de transparência permaneciam praticamente os mesmos, ou seja, a transparência sempre se mantinha total.

O OD apresentou também uma relação positiva com a variável vazão. No período chuvoso a concentração do OD mostrou -se relativamente alta, como também a vazão, no período analisado. No período seco a vazão diminuiu expressivamente, fazendo com que a variável oxigênio sofresse também uma diminuição.

A concentração de  $CND$  mostrou relações diferenciadas com a produção de  $STD$ . Essas observações expressaram uma relação diretamente proporcional com a variável  $STD$ , ou seja, quando a concentração de  $STD$  aumentou os teores de condutividade tenderam a crescer.

A matéria orgânica apresentou relações significativas com as concentrações de sólidos totais, sendo que maiores valores de  $ST$  corresponderam a variação proporcional e direta das concentração de  $MO$ .

No ponto 3 (figura 31), observou-se também relações positivas entre as variáveis,  $T \times Q$ ;  $CND \times STD$  e  $MO \times ST$ ; e relações negativas entre  $STD \times (Froude \text{ e } Q)$ . A temperatura apresentou relação direta e proporcional com as variações dos resultados de vazão nesse ponto, do mesmo modo que a condutividade correlacionou-se à concentração de  $STD$ , provavelmente devido a variabilidade sazonal, ou seja a medida que se aumenta ou diminui a concentração de  $STD$ , varia de igual forma a condutividade. Os valores de concentração de matéria orgânica e sólidos totais também apresentaram correlação direta e proporcional. A variação de  $STD$  mostrou relações inversas (negativas) com o número de Froude e a vazão, ou

seja, o aumento da vazão correspondeu ao aumento da variação da energia de fluxo, o que provavelmente concorreu para a diminuição dos sólidos totais dissolvidos.

Comparando os dados a partir do estudo de regressão linear nos três pontos pesquisados de forma integrada (1, 2 e 3), foram observadas variabilidade diferenciadas entre as variáveis físicas, químicas e hidrológicas.

As figuras 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 e 40, demonstram as relações entre Condutividade – CND ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) e Sólidos Totais Dissolvidos – STD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), Transparência – Zsd (m) e Vazão – Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), Oxigênio dissolvido – OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Froude – Fr, Oxigênio dissolvido – OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Vazão – Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), Oxigênio dissolvido – OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Sólidos Totais Dissolvidos – STD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), Matéria orgânica – MO ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Sólidos Totais – ST ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), Temperatura – T ( $^{\circ}\text{C}$ ) e Vazão – Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), Sólidos Totais Dissolvidos – STD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Vazão – Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), Sólidos Totais Dissolvidos – STD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Froude – Fr, nos três pontos estudados a partir do estudo de regressão linear.

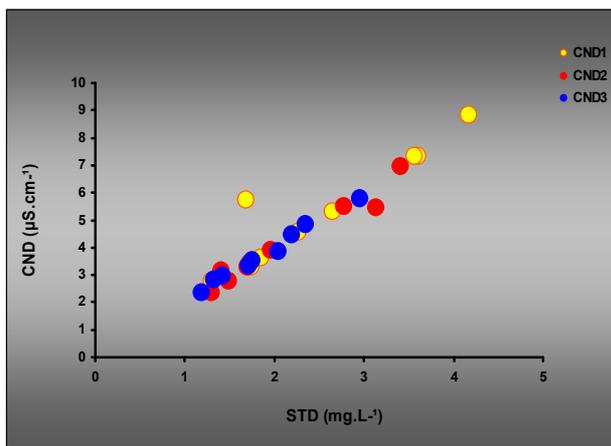


Figura 32 - Relações entre Condutividade – CND ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) e Sólidos Totais Dissolvidos – STD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nos pontos 1, 2 e 3.

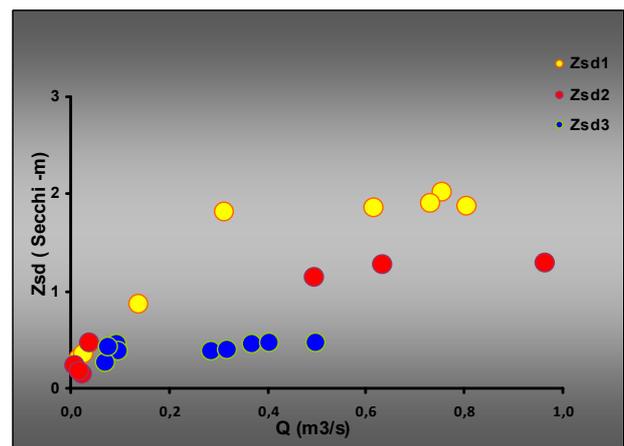


Figura 33 - Relações entre Transparência (m) e Vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), nos pontos 1, 2 e 3.

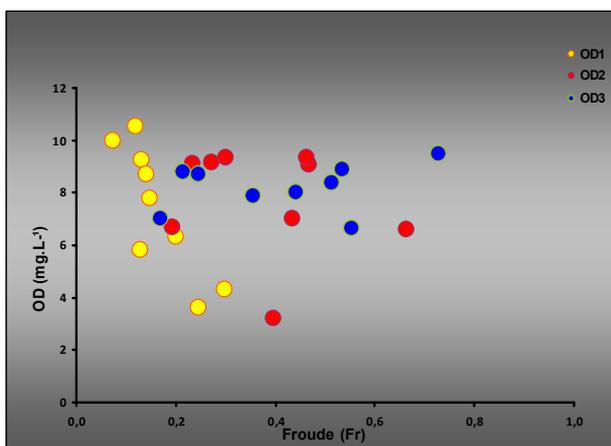


Figura 34 - Relações entre OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Froude (Fr), nos pontos 1, 2 e 3.

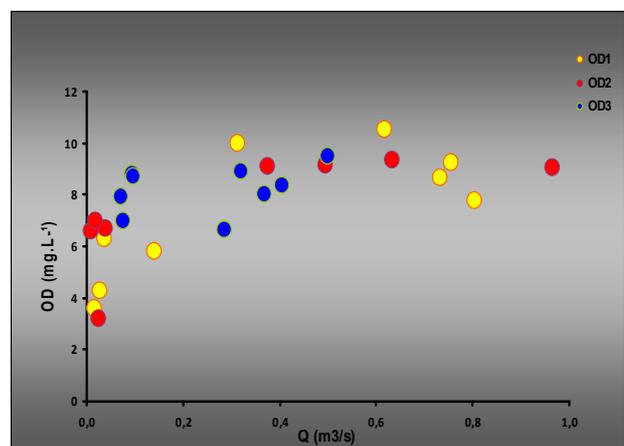


Figura 35 - Relações entre OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), nos pontos 1, 2 e 3.

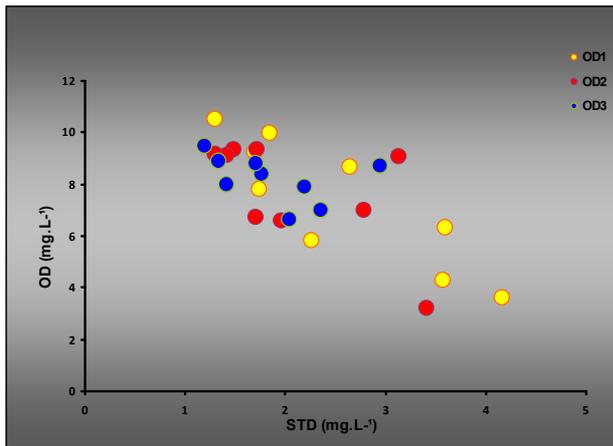


Figura 36 - Relações entre OD (mg.L<sup>-1</sup>) e Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L<sup>-1</sup>), nos pontos 1, 2 e 3.

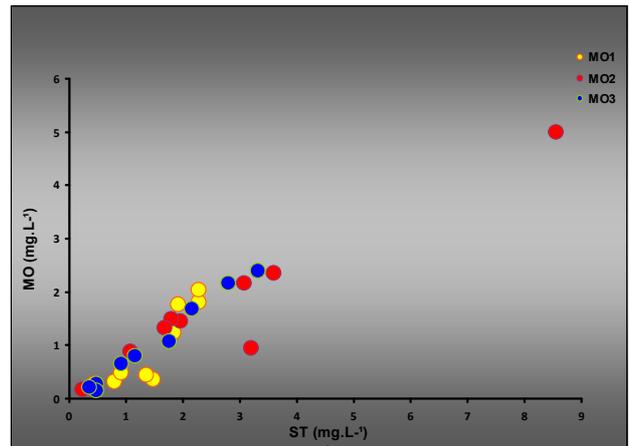


Figura 37 - Relações entre MO (mg.L<sup>-1</sup>) e Sólidos Totais (mg.L<sup>-1</sup>), nos pontos 1, 2 e 3.

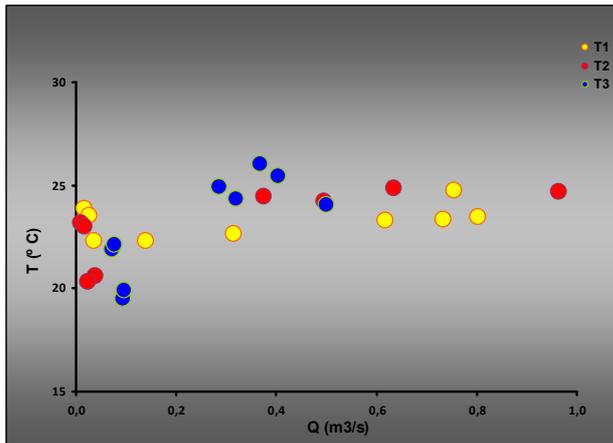


Figura 38 - Relações entre T (°C) e Vazão (m<sup>3</sup>/s), nos pontos 1, 2 e 3.

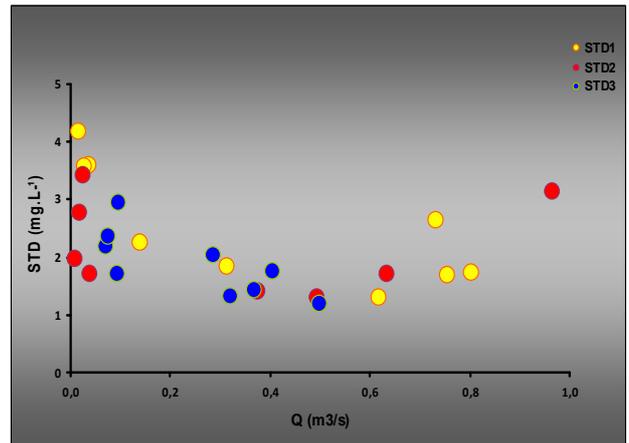


Figura 39 - Relações entre STD (mg.L<sup>-1</sup>) e Vazão (m<sup>3</sup>/s), nos pontos 1, 2 e 3.

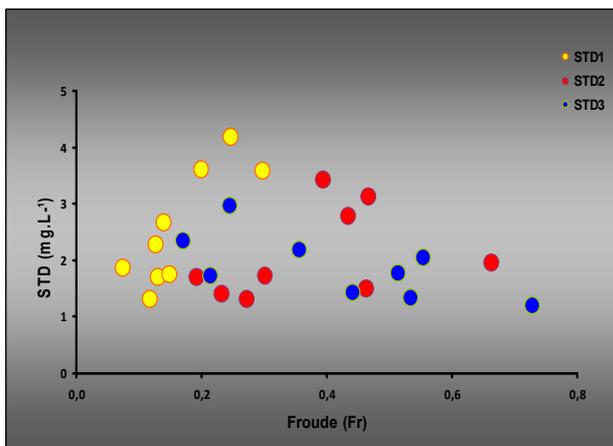


Figura 40 - Relações entre STD (mg.L<sup>-1</sup>) e Froude (Fr), nos pontos 1, 2 e 3.

Analisando os dados obtidos na relação Condutividade - CND x Sólidos Totais Dissolvidos - STD (figura 32), apesar de se observar uma existência de significância, entre os pontos 1, 2 e 3, a partir da regressão linear, observa-se que houve uma gama mais limitada nos valores mensurados na bacia mais preservada (ponto 3).

Com os dados obtidos na relação Transparência - Zsd x Vazão - Q (figura 33) notou-se níveis de transparência totais e significância nos pontos 1 e 2. Esta relação indicou que os parâmetros alcançados refletiam apenas nas profundidades máximas das medições de vazões. Já na relação Oxigênio Dissolvido - OD x Froude (figura 34), houve significância negativa no Ponto 1, conforme os dados de regressão linear. Todavia de forma geral, observou-se um panorama igual entre todos os pontos.

Na relação Oxigênio Dissolvido - OD x Vazão - Q (figura 35), percebeu-se que embora tenha sido observado significância entre os pontos 1 e 2, ocorreu também crescimento exponencial isonômico para os três pontos. Dando continuidade as relações impostas, notadamente entre Oxigênio Dissolvido - OD x Sólidos Totais Dissolvidos - STD (figura 36) percebeu-se significância apenas no ponto 1, sendo esta negativa, apresentando possivelmente um maior carreamento de materiais suspensos para o curso d'água.

No comparativo Matéria Orgânica - MO x Sólidos Totais - ST (figura 37) extraiu-se significância nos três pontos de estudo, podendo ser explicado a relação pela Matéria Orgânica Particulada, demonstrado ser um componente importante de Matéria Orgânica que normalmente se espera para riachos de baixas ordens.

Levando-se em conta a relação Temperatura - T x Vazão - Q (figura 38) observou-se significância nos pontos 2 e 3 aparentando uma reação de sazonalidade. A significância encontrada pode ainda ser atribuída pela explicação de que quanto menor for a vazão exista o predomínio da contribuição do aquífero na temperatura e se a vazão aumenta há provavelmente uma parcela significativa do escoamento superficial sendo aquecido pelo sol nessas bacias..

Por fim, analisando os parâmetros obtidos entre as variáveis Sólidos Totais Dissolvidos - STD x Vazão - Q (figura 39) e Sólidos Totais Dissolvidos - STD x Froude (figura 40) percebe significância maior e negativa no ponto 3. Aferindo - se o aumento da vazão e da energia de fluxo (Froude), a mesma favoreceu possivelmente o decréscimo na variação das concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos, que pode ser explicada pela possível influência da taxa de escoamento nessa bacia.

O panorama geral dos dados avaliado pela análise de componentes principais (ACP) contempla os três pontos monitorados quinzenalmente durante os meses de março a maio de 2009 e agosto a setembro de 2009. As 15 variáveis físicas, químicas e hidrológicas explicaram 45,7% da variabilidade dos dados nos 2 primeiros eixos (eixo 1=27,9%; eixo 2=17,8%; (figura 41).

As variáveis mais importantes para a ordenação do eixo 1 foram a temperatura (-0,62), oxigênio dissolvido (-0,78), condutividade (0,82), sólidos totais dissolvidos (0,82), pH (-0,41) e a vazão (-0,82). No eixo 2, as variáveis mais importantes foram a turbidez (-0,55), nitrogênio orgânico (0,81), nitrogênio total (0,74), sólidos totais (-0,57) e o número de Froude (-0,59). Os resultados da ACP indicaram que o eixo principal 1 refletiu um gradiente temporal, separando o período 1 do período amostral 2, enquanto que o eixo 2 apresentou uma tendência de gradiente espacial (figura 41).

No lado positivo do eixo 1, as unidades amostrais do período 2 estiveram correlacionadas com as altas concentrações de fosfato, condutividade e sólidos totais dissolvidos. No lado negativo do eixo 1 as unidades amostrais do período 1 apresentaram correlação com altos valores de vazão, oxigênio dissolvido, pH e temperatura. No eixo 2, no lado positivo, as unidades amostrais estiveram correlacionadas com altas concentrações de nitrogênio (orgânico e total) e alcalinidade, enquanto que no lado negativo, estiveram correlacionadas com altos valores de sólidos totais, turbidez, número de Froude, e matéria orgânica (figura 41).

Os resultados da análise indicaram que o primeiro eixo refletiu uma tendência a um gradiente sazonal dos dados e o segundo eixo a um gradiente espacial.

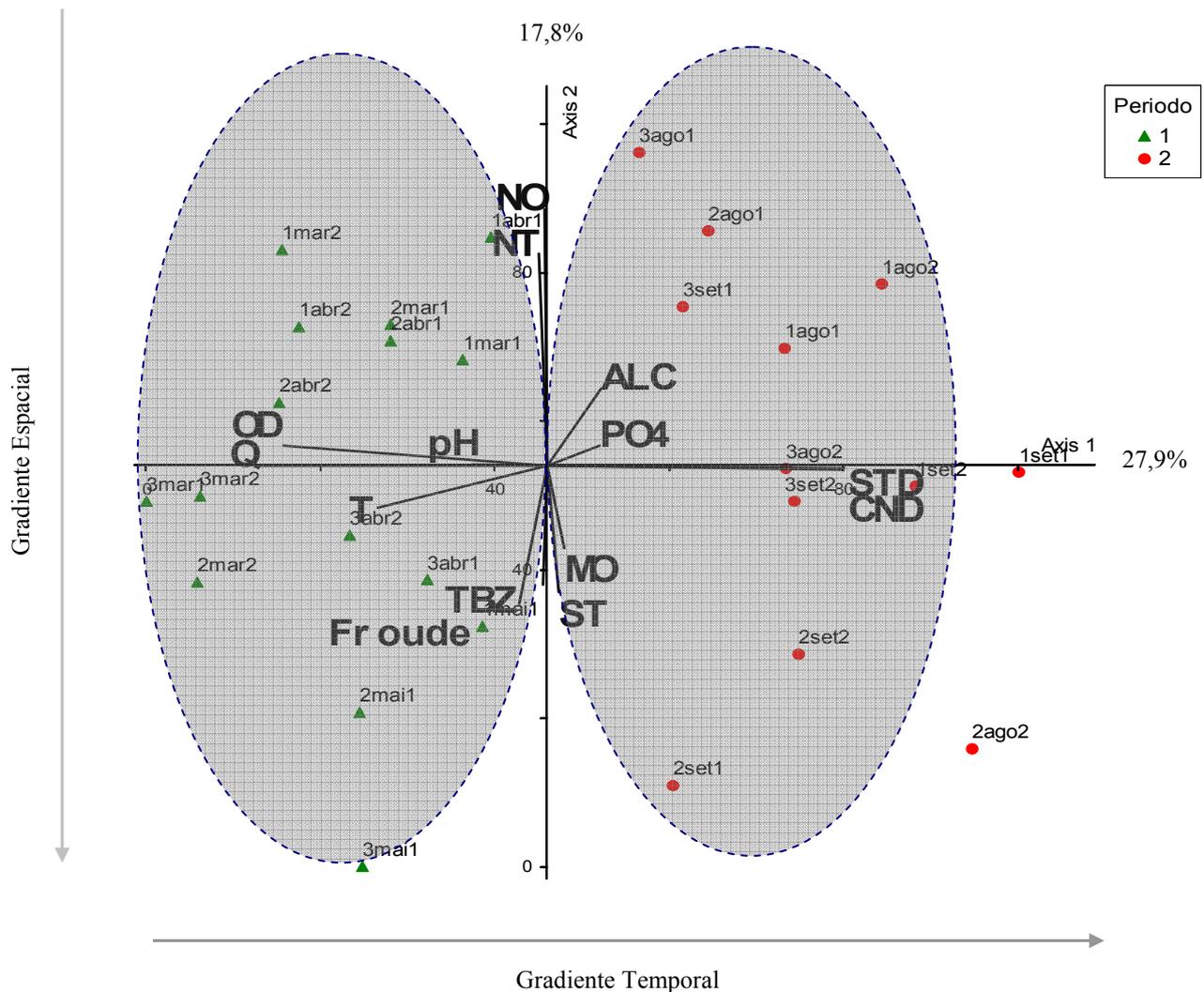


Figura 41 - Distribuição dos escores resultantes da análise dos componentes principais nos períodos 1=  $\Delta$ , chuvoso e período 2 =  $\bullet$ , seco, em 2009.

Legenda: Os vetores correspondem às variáveis descritoras significativas. Estas variáveis foram abreviadas da seguinte forma: CND = condutividade, PO4 = fosfato, OD = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogeniônico, STD = sólidos totais dissolvidos, T = temperatura, TBZ = Turbidez, MO = matéria orgânica, ST = sólidos totais, Froude = n° de Froude, Q = vazão, ALC = alcalinidade, NO = nitrogênio orgânico e NT = nitrogênio total. Os meses foram abreviados da seguinte forma: mar = março, abr = abril, mai = maio, ago = agosto e set = setembro.

Ao se comparar os dados de qualidade de água com as diferentes bacias, em termos percentuais de mata ciliar, foi possível observar um gradiente temporal dos mesmos, evidenciando a existência de dois períodos distintos durante a realização do estudo. O período chuvoso apresentou na ACP (figura 41), através do eixo 1 (lado negativo) maiores correlações com os valores de vazão, número de Froude, oxigênio dissolvido, pH e temperatura. Possivelmente devido o aumento da vazão que consequentemente aumenta a velocidade da correnteza e o turbilhamento da água (maior energia de fluxo), fez com que provavelmente houvesse uma maior dissolução do oxigênio dissolvido e maior correlação com o aumento da

temperatura (Esteves; Teixeira; Cavalcante, 2007 e Silva *et al.*, 2008). Valores mais elevados dessa variável na água, no período chuvoso, também foram observados por IOCCA (2000), no córrego Sangradouro em Cáceres, Mato Grosso, e por Smith e Petrere Jr. (2000), no rio Pirapora em São Paulo.

Com relação à maior variação observada pela variável pH no período chuvoso, a mesma pode estar relacionada à ação das chuvas neste período. Carvalho et al. (2000) afirmam que com o aumento das chuvas, o pH tende a subir e aproximar-se da neutralidade, pois ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido. Isso é causado pelo aumento no volume de água que faz com que a acidez da água diminua.

O período seco no mesmo eixo, (lado positivo), foi caracterizado por altas concentrações de fosfato, condutividade e sólidos totais dissolvidos. Como a condutividade da água é indicadora da quantidade de sais na coluna d'água (CETESB, 2007) essa maior variação no período seco pode possivelmente estar relacionada a maior concentração de sólidos dissolvidos e menor diluição da água ocorridas neste período. No eixo 2, no lado positivo (período chuvoso), as unidades amostrais estiveram correlacionadas com altas concentrações de nitrogênio (orgânico e total) e alcalinidade. A relação chuva com o aporte de nutrientes obtida nos resultados está passível a uma afinidade direta entre ambas que, de forma provável, concorreu para um maior arraste desta variável neste período (Silva, 2008). No lado negativo, no mesmo eixo, as unidades amostrais estiveram correlacionadas com altos valores de sólidos totais, turbidez, número de Froude, e matéria orgânica. No período chuvoso, pode-se observar um aumento constante da vazão, o que provavelmente proporcionou maior turbulência à água e o aumento da energia de fluxo. A turbidez também apresentou maior variação neste período, provavelmente influenciada pela concentração de sólidos em suspensão que impedem que o feixe de luz penetre na água (TAVARES, 2005). A matéria orgânica e os sólidos totais registradas com maiores concentrações no período seco, revela possivelmente menor diluição da água, devido provavelmente a diminuição do froude neste período.

Com os resultados alcançados nos pontos 1, 2 e 3 percebeu-se na ACP (figura 41) uma correlação direta entre as variáveis - turbidez e o número de froude (lado negativo), na campanha de maio/2009, mostrando um gradiente espacial dos dados. Essa maior variação foi marcada possivelmente pelo volume de chuva ocorrido neste mês, sendo causa provável do aumento do fluxo hídrico e o excesso de partículas em suspensão.

Arcova e Cicco (1999) destacam que com aumento da precipitação e conseqüente aumento dos sólidos em suspensão, ocorrem picos nos valores de turbidez nos meses chuvosos. Nos meses de março e abril, os pontos 2 e 3 também demonstraram correlações com a turbidez e o número de Froude e os pontos 1 e 2, no lado positivo, com nitrogênio. Esse último fato pode ser explicado por Silva, (2008) e Davide *et al.*, (2000), onde destacam que ambientes que tiveram alterações em suas coberturas vegetais nativas recebem possivelmente maior aporte de nutrientes. Na segunda campanha de setembro os pontos 1, 2 e 3 apresentaram maiores correlações das variáveis matéria orgânica e sólidos totais (lado negativo) e inversamente com nitrogênio. Na primeira campanha de agosto, sendo observado os mesmos pontos e primeira de setembro, apenas o ponto 3, os dados mostraram correlações proporcionais com nitrogênio e inversamente com matéria orgânica e sólidos totais. Estes episódios registrados no período de estiagem destacam que possivelmente houve uma menor mistura dessas variáveis na água ou outras flutuações climáticas ocorridas neste período.

Percebe-se com o apontamento dos resultados que na segunda campanha de agosto o ponto 1 (lado positivo) apresentou maior correlação com o nitrogênio e inversamente às variáveis matéria orgânica e sólidos totais. Porém, os pontos 2 e 3 apresentaram correlações diretas com as variáveis matéria orgânica e sólidos totais e inversas com o nitrogênio. Afere-se ainda dos resultados que nos pontos 1 e 2, na primeira campanha de setembro foram percebidas (lado negativo) correlações diretas entre as variáveis matéria orgânica e sólidos totais e inversas com o nitrogênio. De forma geral, pode se afirmar que a razão para qual se explica os resultados antes enumerados, se deve pela diminuição da velocidade da água e vazão ocorrida neste período, o que provavelmente contribui para uma menor diluição dessas variáveis.

### **4.3. Dinâmica do Carbono Orgânico Total e Carbono Inorgânico Dissolvido**

Com relação a dinâmica carbono, no período chuvoso, foram evidenciados valores em média maiores no ponto 1, para o carbono inorgânico dissolvido e no ponto 2, para o carbono orgânico total. No período seco analisado observou-se que o ponto 3, apresentou valores mais expressivos com relação ao carbono orgânico total e o ponto 1 ao carbono inorgânico dissolvido. De forma geral, observou-se que as concentrações do carbono orgânico total apresentaram relativamente maior variabilidade no período chuvoso que no período seco amostrado.

Na Tabela 9 e figuras 42 e 43 estão apresentadas as médias, mínimas, máximas, desvio padrão e coeficiente de variação presentes no estudo do carbono, respectivamente.

Tabela 9 - Médias, mínimas, máximas,  $\pm$  desvio padrão e coeficiente de variação das concentrações das variáveis COT – Carbono Orgânico Total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e CID – Carbono Inorgânico Dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), referente aos períodos chuvoso e seco, nos pontos 1, 2 e 3.

Período Chuvoso						
Variáveis	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
	COT	CID	COT	CID	COT	CID
Méd.	0,29	0,89	1,68	0,83	0,49	0,69
Min.	0,18	0,78	0,31	0,66	0,35	0,47
Máx.	0,38	0,97	5,73	1,08	0,60	0,91
Dp ( $\pm$ )	0,08	0,08	2,70	0,18	0,11	0,19
CV(%)	29,10	8,79	160,37	21,24	21,82	27,58
Período Seco						
Variáveis	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
	COT	CID	COT	CID	COT	CID
Méd.	1,08	2,88	0,97	2,86	1,28	1,87
Min.	0,21	1,06	0,44	0,75	0,52	0,98
Máx.	2,36	6,63	1,37	6,86	1,98	3,16
Dp ( $\pm$ )	0,91	2,54	0,47	2,73	0,60	0,98
CV(%)	83,59	88,22	48,50	95,23	47,19	52,08

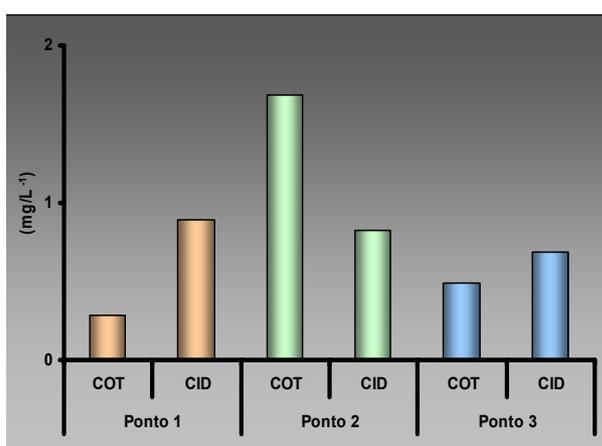


Figura 42 - Médias das concentrações das variáveis – Carbono Orgânico Total – COT ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Carbono Inorgânico Dissolvido – CID ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), no Período Chuvoso, nos pontos 1, 2 e 3.

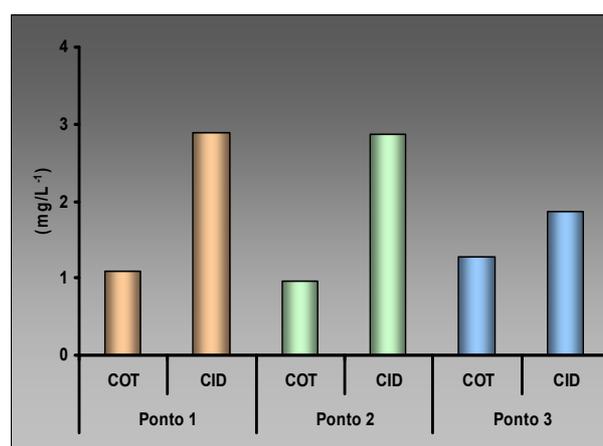


Figura 43 - Médias das concentrações das variáveis – Carbono Orgânico Total – COT ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e Carbono Inorgânico Dissolvido – CID ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), no Período seco, nos pontos 1, 2 e 3.

Nessa análise da dinâmica do carbono orgânico total e o carbono inorgânico dissolvido, foi possível evidenciar respostas mais significantes no período chuvoso (figura 42), com valores mais expressivos nos pontos 1 e 2. Isto se deve ao fato de que as maiores concentrações de carbono ocorrem em períodos de chuvas, já que nos períodos secos há queima de biomassa, comum no cerrado (Nardoto; Bustamante, 2003). No período chuvoso, a medida que a água da chuva atravessa o dossel foliar, compostos presentes nas folhas são lixiviados, fazendo com que as concentrações de carbono alcancem de forma mais rápida os cursos d'água. No período seco analisado (figura 43), observou-se que o ponto 3, apresentou valores mais elevados de carbono orgânico total, e o ponto 1 de carbono inorgânico dissolvido. Isto se deve, provavelmente, ao ponto 3 ter apresentado uma energia de fluxo mais baixa, fazendo com que essas concentrações permanecessem mais tempo no curso d'água analisado. A concentração maior de carbono inorgânico dissolvido no ponto 1 podem estar relacionadas a efeitos da temperatura e pH. O carbono inorgânico pode ocorrer no ambiente aquático, sob algumas formas principais, estas formas estão fundamentalmente relacionadas com o pH do meio. A sua distribuição na coluna d'água e função de fatores bióticos (atividades dos organismos) e abióticos (o pH e a temperatura). Neste caso este resultado pode se tornar explicável em função da temperatura ter se apresentado relativamente alta neste ponto, no período seco.

#### **4.4 Análise do comportamento da vazão específica com os pontos estudados**

A tabela 10 e figura 44 apresentam os valores das vazões específicas observadas no estudo nos pontos 1, 2 e 3 durante todo o período da pesquisa. O comportamento observado durante o período chuvoso monitorado (março, abril e maio), evidenciou no ponto 3, na bacia de maior percentual de mata ciliar (49,8%), um decréscimo nos valores médios de vazão específica no mês de março. Os pontos 1 (percentual de mata ciliar de 22,09%) e 2 (14,80%), bacias menos conservadas apresentaram resultados consideravelmente mais elevados neste mesmo período, com exceção do ponto 2 em parte do período de abril a maio. Porém, no período seco monitorado (agosto e setembro) os resultados demonstraram uma redução significativa nos valores médios da vazão específica nos pontos 1 e 2, e no ponto 3 constatou-se um maior aumento desta variável monitorada.

Tabela 10 - Médias da variável  $Q_{esp}$  – vazão específica ( $m^3/s/km^2$ ), referente aos meses de março (mar), abril (abr), maio (mai), agosto (ago) e setembro (set), nos pontos 1, 2 e 3.

Ponto	Mar	Abr	Mai	Ago	Set
Ponto 1	0,00003157	0,00001903	0,00002955	0,00000364	0,00000081
Ponto 2	0,00003409	0,00001515	0,00002169	0,00000103	0,00000034
Ponto 3	0,00002279	0,00001590	0,00002173	0,00000530	0,00000371

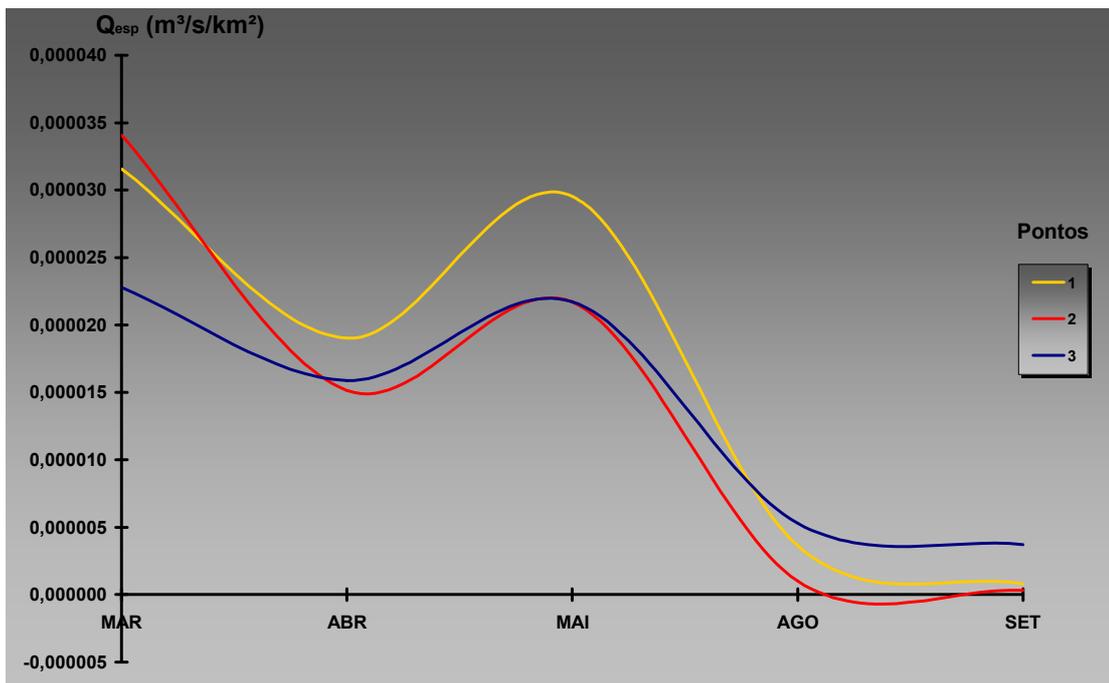


Figura 44 - Médias de vazão específica observadas no estudo nos pontos 1, 2 e 3.

Com relação ao comportamento hidrológico, especificadamente a vazão específica (figura 44), nas respectivas bacias estudadas e conforme as médias calculadas observou-se que o percentual de cobertura de mata ciliar no ponto 3, influenciou positivamente nos resultados dessa variável, no período seco, monitorado durante os meses de agosto e setembro. No período chuvoso, notou-se dados relativamente mais baixos de vazão durante o mês de março. Neste sentido esse cenário, sinaliza possivelmente que bacias mais conservadas tendem a regularizarem o comportamento das vazões, no que se referem provavelmente as médias, mínimas e máximas vazões. Segundo Latuf, (2007), com o solo mais exposto o mesmo ficará mais susceptível às ações da energia cinética associada a precipitações e, conseqüentemente, a capacidade de infiltração tenderá a ficar reduzida o que acarretará um aumento do escoamento superficial, com redução da alimentação do aquífero,

aumentando, desta forma as vazões máximas e médias e reduzindo as vazões mínimas. Por outro lado, de acordo com Tucci, (1998), caso o solo permaneça protegido das ações de precipitações diretas no mesmo, o excedente de precipitação que não é evapotranspirado possui melhores condições de se infiltrar e o aquífero terá uma maior recarga, aumentando, neste sentido, as vazões mínimas e reduzindo as vazões máximas e médias (Tucci, 1998).

Os pontos 1 e 2, consideradas as bacias com menores percentuais de mata ciliar, demonstraram comportamentos diferentes nos resultados de vazões específicas. No período chuvoso as vazões específicas, com exceção do ponto 2 em parte do período de abril a maio, foram elevadas, o que possivelmente pode estar associado ao aumento do escoamento superficial neste período. Notou-se, entretanto, que no período seco, esses valores sofreram um decréscimo bastante significativo, sendo provavelmente explicado pela diminuição da taxa de infiltração ocorrida nestas bacias. Essa associação também é explicada por Lima e Zakia (2000), quando reforça que áreas ripárias possuem como característica a saturação decorrente da proximidade do lençol freático durante a maior parte do ano, propiciando um predomínio de espécies adaptadas a essa condição. A ausência dessa vegetação, por sua vez provoca, a médio e longo prazo, uma degradação da zona ripária que passa a ter uma menor capacidade de armazenamento de água na estação seca.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos resultados obtidos neste trabalho chegou-se às seguintes conclusões:

- 1 - A dinâmica das variáveis físicas, químicas e hidrológicas nos três pontos estudados (Trecho do Ribeirão Lajeado, Córrego Brejo da Passagem e Contribuinte do Ribeirão Lajeado), da bacia do Ribeirão Lajeado apresentou variações temporais e espaciais durante o estudo analisado, apresentando de forma bastante característica diferenças entre o período seco e chuvoso nos resultados avaliados.
- 2 - A variável explicativa mata ciliar e a sazonalidade possibilitaram de forma geral, determinar as variáveis respostas mais importantes identificadas no estudo.
- 3- A energia de fluxo foi um fator determinante na contribuição do transporte e concentrações das variáveis de qualidade de água.
- 4 – Na avaliação da qualidade da água não foi possível verificar diferenças características e claramente correlatas aos percentuais de vegetação ciliar de cada uma das três bacias examinadas.
- 5 - Foi possível observar tendências gerais entre as mudanças do uso do solo, especialmente a faixa de vegetação ciliar, no comportamento hidrológico das bacias.
- 6 - Apesar das bacias apresentarem diferenças significativas de vegetações ripárias entre si, não houve diferenças significativas na qualidade de água, talvez porque estas bacias apresentam baixo grau de degradação e uso.

Assim em um contexto geral, para avaliar a possível influência da mata ciliar na qualidade da água, outros estudos devem ser realizados e aprofundados considerando características peculiares do ciclo hidrológico local, como valores de escoamentos superficial e sub-superficial, infiltração, evapotranspiração (da vegetação), bem como monitoramento do transporte e deposição de sedimentos e a caracterização dos ciclos de nutrientes na água e nos ecossistemas de mata ripária, além de uma cuidadosa caracterização e quantificação das alterações no uso do solo. Em resumo, deve-se considerar os ciclos envolvidos, ciclo hidrológico e ciclos de nutrientes em monitoramentos mais longos que fogem ao escopo de uma dissertação de mestrado, salientando-se que a utilização da água como indicador do sistema florestal exige informações que permitam verificar outros fatores que podem interferir tanto na qualidade, quanto na sua quantidade.

## 6. RECOMENDAÇÕES GERAIS

Este trabalho indica que as bacias Trecho do Ribeirão Lajeado e Córrego Brejo da Passagem devem ser alvo de ações para a recuperação de suas matas ciliares, tendo em vista as tendências de alterações quali-quantitativas de água nos pontos 1 e 2, que as representam.

A elaboração de estudos hidrológicos para as bacias pesquisadas ou similares na mesma região geo/climática é importante para sistematizar as predições relativas ao comportamento hidrológico em bacias com diferentes percentuais de vegetação ciliar.

A ferramenta do Sistema de Informações Geográficas – SIG deverá ser sempre aplicada, por parte dos órgãos competentes, para um melhor monitoramento quanto aos usos e ocupações do solo nas bacias hidrográficas, visando um manejo sustentável e a garantia quanto à manutenção qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos.

A fiscalização ambiental e o monitoramento qualitativo dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas deverão ser contínuos, por parte dos órgãos competentes, possibilitando assim a avaliação das condições locais, conservação dos recursos hídricos e a implementação das políticas públicas de conservação dos recursos hídricos, enquadramento dos corpos d'água e modelagem das vazões que garantam a integridade desses sistemas ambientais.

Em síntese, este trabalho recomenda a continuidade temporal deste estudo nas bacias Trecho do Ribeirão Lajeado, Córrego Brejo da Passagem e Contribuinte do Ribeirão Lajeado e conseqüentemente sua extensão espacial para outras bacias sob diferentes condições ambientais permitindo identificar o papel das matas ciliares na manutenção da quantidade e qualidade da água e, portanto no manejo sustentável das bacias hidrográficas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, A. P. **Avaliação inicial da recuperação de mata ciliar em nascentes.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Lavras: UFLA, 175p. 2004.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20<sup>th</sup> ed. Washington APHA/WEF/AWWA. 2005.
- ARCOVA, F. C. S. **Balanço Hídrico, características do Deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP.** 1996, 133 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. **Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, estado de São Paulo.** *Scientia Forestalis*, (56): 125-134. 1999.
- Atlas do Tocantins: **Subsídios ao planejamento da gestão territorial/** Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente, Diretoria de Zoneamento Ecológico- Econômico – DEZ. 4 ed. rev. atu. Palmas: Seplan, 2005.
- ATTANASIO, C. M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: Uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade.** 193p. Tese (Doutorado em Conservação de Ecossistemas Florestais)- Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- BARBOSA, L. M. Implantação de mata ciliar. In: SIMPOSIO MATA CILIAR CIÊNCIA TECNOLOGIA, Belo Horizonte. Anais... Lavras: UFLA/FAEPE/CEMIG, p. 111 – 135, 1999.
- BERTONI, J. E. de A.; MARTINS, F. R. **Composição Florística de uma floresta ripária na reserva estadual de Porto Ferreira, SP.** *Acta botânica Brasílica*, São Carlos, V. 1, n. 1, p. 17-28, jan./abr. 1987.
- BLEICH, M. E.; C. J. S; A. N. R. **Variação temporal e espacial das características limnológicas de um ecossistema lótico no Cerrado do Mato Grosso.** *Revista Biotemas*, 22 (2), 2009.
- BRAGA, B. et al. *Introdução à Engenharia Ambiental.* São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.
- BRAGA, R. A. P. (2005). **Avaliação dos Instrumentos de Políticas Públicas na Conservação Integrada de Florestas e Águas, com Estudo de Caso na Bacia do**

**Corumbataí** - SP. Tese (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BRASIL. **Lei nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Extraída do site: <[www.presidencia.gov.br/legislacao](http://www.presidencia.gov.br/legislacao)>. Acesso em: 07 outubro de 2008.

BRASIL. **Lei nº. 9.433 de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.dnocs.gov.br/php/utl/downloads\\_file.php?&dir=&file=/home/utl/livres/dnocs/legislacao/lei\\_9433\\_8\\_de\\_janeiro\\_de\\_1997\\_politica\\_nacional\\_de\\_recursos\\_hidricos.pdf](http://www.dnocs.gov.br/php/utl/downloads_file.php?&dir=&file=/home/utl/livres/dnocs/legislacao/lei_9433_8_de_janeiro_de_1997_politica_nacional_de_recursos_hidricos.pdf)>. Acesso em 22 mai 2008.

CALIJURI, M. C.; BUBEL, A. P. **Conceituação de Microbacias**. In: LIMA, W. P; ZAKIA, J. M. B (Org.). **As florestas plantadas e a água - implementando o conceito de microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. 01. ed. São Carlos: RIMA. v. 1, p. 45-59. 2006.

CARVALHO, A. R.; Schlittler, F. H. M.; Tornisielo, V. L.. **Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água**. *Química Nova*, 23(5): 618-622. 2000.

CARVALHO, P. E. R. Técnicas de recuperação e manejo de áreas degradadas. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa Florestas, Cap. 14, p. 251-268. 2000.

CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>> Acesso em: 15 de out, 2007.

CLINNICK, P. F. Buffer strip management in forest Operations: A Review. **Australian Forestry**, Melbourne, v. 48, n.1, p. 34-45. 1985.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 303**, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. 2002.

CROFT, A. R. e R. W. BAILEY. **Mountain Water**. USDA, Forest Service, Intermountain Region, 64p. 1964.

- DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. **Análise crítica dos programas de recomposição de matas ciliares, em Minas Gerais.** In: SIMPÓSIO MATA CILIAR CIÊNCIA E TECNOLOGIA, Belo Horizonte: UFLA/FAEPE /CEMIG, 1999. p. 172-188. 1999.
- DAVIDE, A. C.; FERREIRA, R. A.; FARIA, J. M. R. BOTELHO, S. A. **Restauração de matas ciliares.** Informe agropecuário, Belo Horizonte, V. 21, n. 207, p. 65-4. 2000.
- DELITTI, W. B. C. **Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares.** In: SIMPOSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. **Anais. . .**, Fundação Cargil. p. 88-98. 1989.
- DILLAHA, T. A.; RENEAU, R.B.; MOSTAGHIMI, S; LEE, D. Vegetative filter strips for agricultural nonpoint source pollution control. **Transactions of the ASAE**, Cambridge, v. 32, n. 2, p. 513 – 519, 1989.
- DUCROS, C. M.; JOYCE, C. B. Environmental Assessment. Field –based Evaluation Tool for Riparian Buffer Zones in Agricultural Catchments. **Environmental Management**, New York, v. 32, n. 2, p. 252 -267, 2003.
- DURIGAN, G. & LEITÃO-FILHO, H. F. **Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista.** Revista do Instituto Florestal, SP. V. 7, n. 1, p. 197 – 239. 1995.
- ELMORE, W. & R. L. BESCHTA. **Riparian areas: perceptions in management.** *Rangelands*, 9 (6): 260-265. 1987.
- EMMETT, B. A. et al. **The impact of a riparian wetland on stream water quality in a afforested upland catchement.** *Jornal of Hidrology*, v. 162, p. 337 – 353. 1994.
- ESTEVES, N. C. M.; TEIXEIRA, H. D. C.; CAVALCANTI, J. A. P. **Análise temporal e espacial da qualidade da água na bacia hidrográfica do Zerede, Timóteo - MG.** In: Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté. *Anais I, IPABHi*. p. 207-214. 2007.
- FREIXÊDAS, V. M. **Conservação ou degradação: Diferentes concepções sobre microbacias e práticas de manejo no entorno do córrego campeste em Saltinho – SP.** Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, 2007.
- FRITZSONS, E.; Mantovani. L. E.; Chaves Neto, A.; Rizzi, N. E. **A Influência da Floresta Ciliar sobre a Temperatura das Águas do Rio Capivari, Região Cárstica Curitibana.** Curitiba, PR, v.35, n. 3, set/dez. 2005.

GOMES, C. R.; JACOBINE, L. **Influência das mudanças no uso e ocupação do solo no comportamento hidrológico da bacia do rio Muricizal**. Projeto Final de Curso, Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2008.

HARPER, K. T.; SANDERSON, S. C.; McARTHUR, E. D. **Riparian ecology in tion park, Utah**. USDA. Forest service. International General Technical Report, n. 298, p. 32 – 42. 1992.

ILHARDT, B. L.; Defining Riparian Areas. In: VERRY, E. S.; DOLLOFF, C. A.; HORNBECK, J. W. (Ed). **Riparian Management in Forests of the Continental Eastern United States (Hardcover)**. Washington: National Academy Press, p. 23 – 42, 1999.

IOCCA, F. A. S. **Caracterização limnológica do córrego Sangradouro nas épocas de seca e de chuva – Cáceres/MT**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 83p. 2000.

KUNKLE, S.H., **Agua: su calidad suele depender del forestal**. Unasyuva, 26 (105):10-16. 1974.

LANNA, A. E. **Gerenciamento de Bacia Hidrográfica: Aspectos Conceituais e Metodológicos**. Brasília, IBAMA / MMA, 171p. 1995.

LATUF, M. O. **Mudanças no Uso do Solo e Comportamento Hidrológico nas Bacias do Rio Preto e Ribeirão entre Ribeiros**. 2007, 151p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007.

LEITE, N. K. **A biogeoquímica do rio Ji-Paraná**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 66p. 2004.

LIMA, S. C. & BRANDÃO, S. L. **Diagnóstico ambiental das áreas de preservação permanente, margem esquerda do Rio Uberabinha, em Uberlândia – MG**. Revista online, Caminhos da Geografia, 42 p. 2002. Disponível no site: <[http://www.ig.ufu.br/revista/volume 7/artigo 03\\_ vol07. pdf](http://www.ig.ufu.br/revista/volume%207/artigo%2003_vol07.pdf)>.

LIMA, W. P. **Função hidrológica da mata ciliar**. In: SIMPÓSIO SOBRE MATAS CILIARES. Campinas. **Anais**. . ., Fundação Cargil. 1989.

LIMA, W. P. **Introdução ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba: CALQ. 174p. 1994.

LIMA, W. P.; ZAKIA. M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas Ciliares: Conservação e recuperação**. São Paulo, EDUSP, FAPESP, 2004. cap. 3, p. 33-44.

- LIMA, W. P.; ZAKIA. M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares**. 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/hidrologia/mataciliar.asp>>. Acesso em: 09/09/2009.
- LIMA, W. P.; ZAKIA. M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas Ciliares: Conservação e recuperação**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo. p. 33-44. 2000.
- LIMA, W. P.; ZAKIA. M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas Ciliares: Conservação e recuperação**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo. ed. p. 33 – 44. 2001.
- LOWRANCE, T.; TOOD, R.; FAIL JUNIOR; HEINDRICKSON JUNIOR, O.; LEONARD, R.; ASMUSSEN, L. Riparian forests as nutrient filters in agricultural watersheds. **Bioscience**, Washington, v. 34, n. 6, p. 374 – 377. 1984.
- MANTOVANI, L. E. **Conseqüências ambientais e climáticas do desenvolvimento da região sudeste**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST ECOSYSTEMS – FOREST 96, 4., 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: [s.n.]. 1996.
- MARQUES, R.; SOUZA. L. C. **Matas ciliares e áreas de recarga hídrica**. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Ed. Graf. Capital Ltda, Curitiba, 500p. 2005.
- MCCUNE, B. & MEFFORD. M. J. PC-ORD. **Multivariate analysis of ecological data**, Versão 4.10. MjM Software Design, Oregon. 237p. 1999.
- MEYER, J.L.; LIKENS, G.E. **Transport and Transformation of phosphorus in a forested stream ecosystem**. *Ecology*, v.60, p.1255-1269. 1979
- MORETTO, A. **Análise da eficiência da escada para Peixes no Ribeirão Garcia no Município de Blumenau-Sc**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Regional de Blumenau – FURB. 2005.
- MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M. L. M.; HENRY, R. **Dinâmica da comunidade perifítica na zona de desembocadura do rio Paranapanema, represa do Jurumirim, SP**. In: Henry, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais**. FUNDIBIO/FAESP, Botucatu, Brasil, p.690-734. 1999.
- NAIMAN, R.J. MELILLO, J.M.; LOCK, M.A.; FORD, T.E.; & REICE, S.R.. **Longitudinal patterns of ecosystem processes and community structure in a sub-arctic river continuum**. *Ecology*, V.68, p. 1139-1156. 1987.

NARDOTO, G. B.; BUSTAMANTE, M. M.C. **Effectes of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira 38: 955 – 962. 2003.

NATURATINS, Instituto Natureza do Tocantins. Disponível em: <<http://areasprotegidas.to.gov.br/conteudo.php?id=37>> Acesso em: 27 de out, 2009.

OLIVEIRA FILHO, A. T. **Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica**. Lavras - MG. *Cerne*, Lavras, v. 1, n. 1, p. 64-72. 1994.

OLIVEIRA, C. N. P. et. al., **Metodologia para definição de parâmetros de qualidade da água visando o enquadramento de corpos d'água em região semi-árida**. 2004. Disponível em:<<http://www.grh.ufba.br/Publicacoes/Artigos/Artigos%202004/Em%20andamento/CI%C3%A9lia/artigo%20clelia%20abr%2030-08.pdf>> . Acesso em: 09 de out, 2008.

PAGANO, S. N. & DURIGAN, G. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do estado de São Paulo, Brasil**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. 2. ed. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo. p. 109 – 124. 2001.

PETERJOHN, W. T.; CORREL, D. L. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest. *Ecology*, Brooklyn, v. 65, n. 5, p. 1466-1475, 1984.

PETERS, C. A.; WARD, R. C. **A framework for 'constructing' water monitoring programs**, v. 5, n. 5, p. 3-7, 2003. Disponível em: <<http://acwi.gov/monitoring/pubs/0309impact.pdf>>. Acesso em 03 jun 2008.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. **Ciclagem de nutrientes em floresta nativas**. In: GONÇALVES, J. L. BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF. p. 287 – 308. 2000.

POMPÊO, M. L. M.; HENRY, R.; MOSCHINI-CARLOS, V.; PADOVANI, C. R. **A influência da macrófita aquática *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcok nas condições físicas e químicas da água na zona de desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim – SP**. Revista Brasileira de Ecologia, 1 (2): 44-53. 1997.

RACHWEL, M. F. G.; A. R. **Diagnóstico sobre ocupação e conservação dos ambientes ciliares do Município de Pinhais, PR**. Pinhais: EMBRAPA. (Documento 64). 2001.

- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. **Cerrado: Ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA – CAAC. 556p. 1998.
- RODRIGUES, R. R. **Análise de um remanescente de vegetação natural às margens do rio Passa-cinco, Ipeúna – SP**. Campinas, 373p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biologia – UNICAMP. 1992.
- RODRIGUES, R. R. **Uma discussão nomenclatural das formações ciliares**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo. p. 91- 99. 2001.
- RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.) **Matas ciliares: Conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000.
- RODRIGUES, R. R.; SHEPHERD, G. J. **Fatores condicionantes da vegetação ciliar**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo. p. 101- 108. 2001.
- SANTOS, *et al.* **Hidrometria Aplicada**. 1 ed. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 372p. 2001.
- SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos.183p. 2004.
- SILVA, A. E.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. **Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus**. ACTA AMAZONICA. V. 38 (4). p. 733 – 742. 2008.
- SILVA, S. O. J. **Características químicas da água de córregos do Distrito Federal sob diferentes usos e cobertura do solo**. Brasília - DF. Tese de Doutorado (Doutorado em Ecologia), Universidade de Brasília. 80p. 2008.
- SILVA, V. R. **Estimativas de Largura de Faixa Vegetativa para Zonas Ripárias: Uma Revisão**. I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias – Alfredo Wagner/SC, 2003.
- SMITH, W. S.; Petrere Jr., M. **Caracterização limnológica da bacia de drenagem do Rio Sorocaba**, São Paulo, Brasil. Acta Limnologica Brasiliensia, 12 (2): 15-27. 2000.
- TAVARES, A. R. **Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação**. Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA, São José dos Campos, São Paulo. 176p. 2005.

TOCANTINS. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente do Tocantins /Instituto Natureza do Tocantins. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Lajeado**. Palmas: SEPLAN/NATURATINS, 2003.

TOCANTINS. Secretaria do Meio Ambiente e Planejamento do Tocantins. **Plano das Bacias Hidrográficas do Entorno de Palmas – TO**. Palmas: SEPLAN-DMA, 2004.

TUCCI, C. E. M (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH. 943p. 2001.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. UFRGS e ABRH, 1998.

VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R.; & CUSHING, C.E.. **The river Continuum concept**. *Canadian journal of fisheries aquatic sciences*. V.37, P 130-137. 1980.

WALTER, B. M. T. **Distribuição espacial de espécies perenes em uma mata de galeria inundável no Distrito Federal: Florística e fitossociologia**. Brasília – DF. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília. 200p. 1995.

ZAKIA, M. J. B. **Identificação e caracterização da zona riparia em uma microbacia experimental: Implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas**. 1998. 98p. tese. (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1998.