

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

NOVA TECNOLOGIA APLICADA AO ENSINO DE BIOQUÍMICA:

Construção e Validação de um *Software* Educacional do Tipo Jogo

Ana Maria Ponzio de Azevedo

Porto Alegre, 2005

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**

NOVA TECNOLOGIA APLICADA AO ENSINO DE BIOQUÍMICA:

Construção e Validação de um *Software* Educacional do Tipo Jogo

Ana Maria Ponzio de Azevedo

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação para obtenção do título de Doutor

Linha de pesquisa: Paradigmas para o Ensino Científico e Tecnológico

**Orientador: Prof. Dr Milton Antônio Zaro
Co-orientadora: Profa. Dra Léa Fagundes**

Porto Alegre, 2005

A994n **Azevedo, Ana Maria Ponzio de**

Nova tecnologia aplicada ao ensino da bioquímica: construção e validação de um software educacional do tipo jogo / Ana Maria Ponzio de Azevedo; orient. Milton Antônio Zaro; co-orient. Léa Fagundes. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

291f: gráf. il.

Nota: acompanha CDROM.

Tese(Doutorado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação. Linha de Pesquisa: Paradigmas para o Ensino Científico e Tecnológico.

Bioquímica. 2. Software Educacional. 3. Metabolismo – Glicídio. Ciclo de Krebs. 5. Jogos Educacionais. 6. Multimídia. 7. Mapas Conceituais. I. Zaro, Milton Antonio. II. Fagundes, Léa. III. Título.

CDD 371.35

Ana Maria Ponzio de Azevedo

***NOVA TECNOLOGIA APLICADA AO ENSINO DE BIOQUÍMICA:
Construção e Validação de um Software Educacional do Tipo Jogo***

**Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Informática na Educação
para obtenção do título de Doutor
Linha de pesquisa: Paradigmas para o
Ensino Científico e Tecnológico**

Banca examinadora:

Prof. Dr. Bayardo Batista Torres, IQ-USP

Profa. Dra. Vera Maria Treis Trindade, UFRGS

Profa. Dra. Cleci Maraschin, PGIE-UFRGS

Prof. Dr. Fernando Schnaid, PGIE-UFRGS

Dedico este trabalho a todos os alunos e professores preocupados com o ensino e aprendizagem, especialmente, ao Professor Antônio João Sá de Siqueira, meu primeiro professor de Bioquímica, quem me introduziu no ensino e mostrou a importância de se ter respeito pelos alunos e de se buscar inovações para melhor cumprir a função de professor.

Louvo e Agradeço

- a Deus pelo dom da vida e pela inteligência e sabedoria que nos concedeu, possibilitando a realização de nossos sonhos.
- a Nossa Senhora pelo exemplo e proteção.
- por ter nascido e viver em uma família onde sempre existiu amor e solidariedade.

Meu amor e gratidão

- ao Telmo, meu querido esposo, que com carinho e muita paciência me acompanha durante todos estes anos, estimulando e apoiando a minha realização profissional;
- aos meus queridos, filhos: Alexandre, Mariane, Luciane, Cláudia, Rogério e Caio por toda a ajuda e apoio sempre recebido;
- a Viviane pela paz e amor que sempre nos transmite e por todas as pessoas que cuidam dela, a Lize e toda a sua família, Marisa, Carmem e Azair, e que possibilitaram a minha ausência;
- as minhas netas Laura, Júlia e Manuella, que está chegando, nossas alegrias e motivo de buscarmos sempre a construção de um mundo onde predomina Paz e Amor.
- a minha mãe Maria de Lourdes e meus irmãos Ana Luiza, Humberto e Ana Lenise pelo estímulo e ajuda;
- ao meu pai, exemplo de honestidade e serenidade, pela educação e por nos ter apoiado sempre. Apesar de não estar mais aqui, sinto sua proteção e orgulho por este trabalho;
- a querida sobrinha Fabiana, aos irmãos de coração Carmelita e Rogério pelo carinho e disponibilidade em me ajudar;
- e a todas aquelas pessoas que gostam de mim e torcem pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Milton Antonio Zaro pela orientação, estímulo, apoio e compreensão durante a realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Lea Fagundes por sua disponibilidade e orientação na fundamentação teórica deste trabalho.

Ao Gustavo Brandalise Lazzarotto pela oportunidade de termos trabalhado juntos, responsável por toda a programação do software, tarefa que desempenhou ao longo de três anos, acatando aos meus pedidos com muita paciência e dedicação. Além dos agradecimentos, registro os cumprimentos por sua competência.

À Maria Isabel Timm pelo importante papel desempenhado na organização da escrita desta tese, por sua paciência, dedicação, amizade e grande companheirismo.

Ao Prof. Dr. José Oscar dos Reis Remião, *in memorium*, e a sua esposa Dra. Maria Amazilda Remião pelo estímulo para o ingresso no Doutorado.

Ao querido amigo Prof. Dr. Edison Capp por seu companheirismo, presença e ajuda nos momentos mais difíceis.

A todos os membros da minha banca de defesa de projeto, Prof. Dr. Bayardo Torres, Profa. Dra. Vera Treis Trindade, Profa. Dra. Cleci Maraschin e Prof. Dr. Fernando Schnaid, pela valiosa contribuição na avaliação do meu trabalho e excelentes sugestões para a complementação dele.

As queridas amigas Gilse Falkembach e a Marie-Christine Julie Mascarenhas Fabre, por terem me introduzido no estudo de Informática na Educação e terem acreditado na possibilidade de produzir um software educacional.

Ao Prof. Dr Fernando Becker e a colega e amiga Ana Maria de Barros Petersen por terem sido os primeiros a me ajudarem, com muita paciência e consideração, a compreender a epistemologia genética de Piaget.

A querida amiga e colega Berenice Rosito pela valiosa colaboração, especialmente no auxílio na análise textual e categorização da resposta dos alunos.

A todos os professores do PGIE na figura da Profa. Dra. Margarete Axt, que com competência atua na coordenação do programa. A todos os colegas e funcionários do PGIE, sempre prontos a nos ajudar, especialmente a Maria do Carmo Andrade Toscani, Sabrina Paim Nora e Mary Lúcia Pedroso.

A todos os colegas do PGIE que cursaram comigo as disciplinas, sempre dispostos a auxiliarem quando as dificuldades surgiam entre eles a Liliana Maria Passerino e Patrícia Brandalise S. Bassani. A querida colega Nara L.C. Salamunes

por ter dedicado parte de seu tempo em revisar e auxiliar na elaboração do referencial teórico desta tese.

A todos os componentes da Direção da Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre, especialmente a digníssima diretora Profa. Dra. Miriam da Costa Oliveira e ao Sr. Eugênio Stein pela consideração e apoio recebido.

À Profa. Dra. Vanusa Regina Lando, pelo apoio, amizade e pelas valiosas sugestões dadas no decorrer do desenvolvimento do software.

À Profa. Dra. Ângela de Mattos Dutra por disponibilizar seus textos e casos clínicos no software.

À amiga Profa. Carla Graziadio pelo seu apoio e revisões dos casos clínicos.

Aos colegas e amigos do Departamento de Ciências Fisiológicas pelo incentivo, especialmente a Profa. Claudia Bica, ao Prof. Dr. Alberto Rasia Filho, à Rosangela Bjerck e à Carmem Lúcia Santos por estarem sempre disponíveis a me ajudar e apoiar.

A todos os professores, alunos e funcionários da FFFCMPA, especialmente ao pessoal do setor de Informática, Tiago de Oliveira Henrique, Paulo Roberto Zanchin de Paula, Thiago Seidel Monteiro, Ricardo Cunha e Cíntia Pasini pela compreensão e boa vontade na instalação e acompanhamento no funcionamento do software nos computadores da Biblioteca e nas salas de aula da Instituição.

A bibliotecária da FFFCMPA, Ruth Borges Fortes de Oliveira e a Eleonora Liberato Petzhold, pela consideração, amizade e pelo trabalho de revisão das referências deste trabalho.

A todos os componentes do Núcleo Multimídia de Educação a Distância da Escola de Engenharia da UFRGS, especialmente Ana Luiza Oliveira, Paulo Augusto Cabral, Raimundo Ferreira Filho, Rubens Renato Abreu, Roberto Luzardo, pelo carinho e atenção com que atenderam sempre os meus pedidos.

Ao Marcelo Azevedo e Souza de Jesus e ao Luis Alcides Brandini De Boni pelo trabalho de produção das animações das reações das rotas metabólicas.

Ao Acadêmico Gibrahn Eizerik pelo auxílio na redação de textos e perguntas do software.

À Dra. Elnora de Payva Aires por disponibilizar o seu consultório e aparelho de eletroencefalograma, para os testes com uso do software. E a Fabiana Azevedo Pereira e Luciane Ponzio de Azevedo por servirem de voluntárias.

À querida amiga Dra. Lúcia Chagas de Azevedo pela paciência com que sempre me ouviu e pelas sugestões dadas em relação ao desenvolvimento do software.

Aos professores Dr. Bayardo Baptista Torres, Dr. Wagner Fontes, Profa. Dra. Vera Treis Trindade, Dra. Maria da Graça Fauth e Dra. Eleonora Cano Carmona e André Bianco que me honraram com o uso do software nas disciplinas que

ministraram, participando das experiências com este método de ensino de Bioquímica.

Finalmente, a todos os alunos que aceitaram participar da pesquisa testando o software.

“De manhã, semeie a sua semente, e de tarde não dê descanso à sua mão, porque você não sabe qual das sementes irá brotar, se esta ou aquela, ou se as duas serão boas”.

Eclesiastes 11,6.

RESUMO

Este trabalho descreve o planejamento, desenvolvimento e validação de um modelo de *software* educacional. O aplicativo é um ambiente multimídia de ensino e aprendizagem do Metabolismo dos Glicídios e o Ciclo de Krebs, denominado **e-Metabolismo: Glicídios** e contém um **jogo de seqüência** para o ensino de Bioquímica, denominado Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual. O estudo de teorias pedagógicas e a experiência em aulas com os alunos do curso de medicina da Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre apontou a necessidade de mudanças no ensino de Bioquímica com uso das novas tecnologias de informação e comunicação. A justificativa do uso de um jogo virtual como método de ensino tem por base os resultados obtidos com o uso de um jogo de seqüência lógica em tabuleiro, na Disciplina de Bioquímica. O desenvolvimento do e-Metabolismo: Glicídios, tendo como referência a prática pedagógica baseada na epistemologia genética Jean Piaget, incluiu no seu planejamento a escolha de ferramenta de programação para permitir a interação do usuário (aluno) com o ambiente. O produto utiliza amplamente recursos de multimídia e pode ser disponibilizado num servidor ou em forma de *CD-ROM*. O ambiente virtual possibilita **a interação** do aluno com o ambiente e com colegas e professores através de ferramentas como, por exemplo, acesso a e-mails, chats, fóruns, mapas conceituais e diário de bordo. Instrumentos de avaliação de *software* foram estudados e aplicados com alunos de Disciplinas de Bioquímica no sentido de validar o *software* e-Metabolismo tanto no que se refere aos aspectos técnicos como a aprendizagem

do conteúdo pelos alunos. Experiências com o uso do *software* foram, primeiramente, realizadas com alunos do curso de Medicina da FFFCMPA e depois com alunos de outros cursos. O primeiro grupo de alunos que avaliaram o e-Metabolismo foi formado pelos monitores da Disciplina. **Mapas conceituais**, testes escritos e avaliação dos registros deixados pelos usuários no próprio *software* foram utilizados como instrumentos de avaliação do conhecimento dos alunos. O grau de satisfação com o uso do método de estudo, foi avaliado por um questionário, cujas respostas foram analisadas e categorizadas. Os resultados obtidos indicam que o ambiente apresenta interface de fácil acesso, desperta o interesse, possibilita ao aluno escolher de que maneira quer fazer o seu estudo sem prejuízos no seu desempenho e facilita o estudo, sendo, portanto, considerado válido como instrumento educacional. Por se tratar de um ambiente dinâmico, deve ser constantemente atualizado, e a versão atual contém as modificações sugeridas por professores e alunos, facilitando o uso na Internet e o acompanhamento do aluno.

Palavras-Chave: Bioquímica, *Software* Educacional, Metabolismo de Glicídios, Ciclo de Krebs, Jogos educacionais, Multimídia, Mapas Conceituais.

ABSTRACT

This work describes the planning, the development and the validation of a game-like educational *software*. This multimedia ambient was designed for the study of carbohydrates metabolic pathways and the Krebs's Cycle, called **e-Metabolism: carbohydrates**, and contains the **sequential game**, called Virtual Dynamic Metabolic Diagram. The study of pedagogical theories and experiments in classroom with medicine students of the “Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre”, pointed the necessity of changes in Biochemistry courses, involving new technologies of information and communication. The use of a game-like *software* as a tool for teaching is based on experiments related to the use of tray games at Biochemistry courses. The development of the e-Metabolism took as a reference the integrationists' pedagogical practice, based on Jean Piaget's concepts, related to genetic epistemology and constructivism, yet allowing the professors to choose the teaching method they wish to use. This product integrates multimedia resources extensively, and can be used in computer networks or in the format of a CD-ROM. In the virtual environment students will be able **to interact** with the environment as well as with classmates and professors through such tools as chats, forums, concept maps and notepads. *Software* 's evaluation Instruments were studied and applied with undergraduate students of Biochemistry classes in the way to value the e-

Metabolism *software* in its technical aspects and student's content learning aspects. **Conceptual maps**, written tests and evaluation of user's registers realized with this *software* where used as evaluation instruments of students knowledge. The level of satisfaction was evaluated by a questionnaire, which answers had been analyzed and categorized. The results show that the e-Metabolism is easy to use, awakes the interest and facilitates the study, improving the student performance and can be considered a valid educational instrument. Since this is a dynamic ambient and is constantly actualized, the current version contains the changes suggested by teachers and students, making easier to use it at the Internet and to do a better analysis of the student's learning.

Keywords: Biochemistry, educational *software*, carbohydrate metabolism, Krebs' cycle, educational games, multimedia, conceptual maps

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Conceitual sobre Bioquímica.....	45
Figura 2. Exemplo do Mapa Conceitual apresentado no início do Capítulo 15 do livro BIOQUÍMICA (CAMPBELL, 2000, p. 493).	98
Figura 3. Ilustração da explicação dada pelos autores do livro de Bioquímica do significado dos conceitos e relações contidas nos Mapas Conceituais construídos por eles. (HARVEY e CHAMPE. 2005, p. 10).....	100
Figura 4. Exemplo do Mapa Conceitual apresentado no final do capítulo 3. (HARVEY e CHAMPE. 2005, p. 40).....	101
Figura 5. Telas do primeiro modelo do <i>software</i>	114
Figura 6. Exemplo de uma das telas de entrada do <i>software</i>	121
Figura 7. Tela com um jogo típico do aplicativo	122
Figura 8.Exemplo de tela com reprodução de vídeo digital.....	122
Figura 9. Interface de acesso ao <i>software</i>	125
Figura 10. Interface de Tópicos do <i>Software</i>	125
Figura 11. Interface de tópicos de um capítulo do software	126
Figura 12. Telas de dois jogos do aplicativo, com interface em forma de tabuleiro e peças do tipo arrastar-soltar.....	127
Figura 13. Telas com um jogo do aplicativo, com a interface das perguntas	127
Figura 14. Tela com opções oferecidas após responder perguntas e interface do texto correspondente a pergunta	128
Figura 15. Interface de uma das animações	128
Figura 16. Interface de um teste objetivo e a de aviso de erro.....	129
Figura 17. Tela com menu opções aberto e tela do histórico	129
Figura 18 Interface applet para gerenciamento de usuários, questões e análise de registros.	130
Figura 19. Mapas Conceitual do e-Metabolismo: Glicídios	136
Figura 20. Gráfico da Avaliação do Ambiente de Programa (porcentagem de aceitação).....	144

Figura 21. Fotos dos alunos usando o DMDV. Laboratório de Informática da FFFCMPA – Maio de 2003.....	149
Figura 22. Mapas Conceituais do participante 22A.....	151
Figura 23. Mapas Conceituais do participante 3 B.....	152
Figura 24. Mapas Conceituais do participante 9A.....	153
Figura 25. Mapas Conceituais do participante 2B.....	154
Figura 26. Mapas Conceituais do participante 7A.....	156
Figura 27. Mapas Conceituais do participante 19B.....	157
Figura 28. Mapas Conceituais do participante 3A.....	159
Figura 29. Mapas Conceituais do participante 11B.....	160
Figura 30. Mapas Conceituais do participante 4A.....	162
Figura 31. Mapas Conceituais do participante 13B.....	163
Figura 32. Mapas Conceituais do participante 2A.....	164
Figura 33. Mapas Conceituais do participante 6B.....	165
Figura 34. Mapas Conceituais de uma aluna da Disciplina de Bioquímica em 2004.....	173
Figura 35. Mapas Conceituais de um aluno da Disciplina de Bioquímica em 2004.....	174
Figura 36. Mapas Conceituais de uma aluna da Disciplina de Bioquímica em 2004.....	175
Figura 37. Tela do registro da resposta de um aluno.....	186
Figura 38. Tela do registro da resposta de uma aluna e comentários.....	187
Figura 39. Tela do registro da resposta de um aluno e comentários.....	189
Figura 40. 1º Mapa Conceitual (usuário 221) - construído antes de iniciar o estudo.....	191
Figura 41. 2º Mapa Conceitual (usuário 221) - construído após o estudo.....	192
Figura 42. 3º Mapa Conceitual (usuário 221) - construído durante a prova.....	193
Figura 43. Mapa Conceitual (usuário 227) - Escrito em preto corresponde ao 1º mapa construído antes de iniciar o estudo e escrito colorido corresponde ao 2º mapa construído após o estudo.....	194
Figura 44. 3º Mapa Conceitual (usuário 227) - construído durante a prova.....	195
Figura 45. Mapa Conceitual (usuário 226) - Escrito em preto corresponde ao 1º mapa construído antes de iniciar o estudo e escrito em vermelho corresponde ao 2º mapa construído após o estudo.....	196
Figura 46. 3º Mapa Conceitual (usuário 226) - construído durante a prova.....	197

Figura 47. Mapa Conceitual (usuário 224) - Escrito em preto corresponde ao 1º mapa construído antes de iniciar o estudo e escrito em azul corresponde ao 2º mapa construído após o estudo	198
Figura 48. 3º Mapa Conceitual (usuário 224) - construído durante a prova	199
Figura 49. Mapa Conceitual (usuário 233) - Escrito em preto corresponde ao 1º mapa construído antes de iniciar o estudo e escrito em vermelho corresponde ao 2º mapa construído após o estudo	203
Figura 50. 3º Mapa Conceitual (usuário 223) - construído durante a prova	204
Figura 51. Gráfico da Avaliação do Ambiente de Programa (porcentagem de aceitação) por 39 alunos do Curso de Nutrição da USP -2004.....	207

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. (início) – Etapas do planejamento.	104
Quadro 2. Exemplo de código para gerar uma tela do sistema.....	120
Quadro 3. Relação entre atividades propostas no e – Metabolismo: Glicídios, os possíveis processos cognitivos ativados e as possíveis relações com os conceitos de Piaget.....	137
Quadro 4. Respostas dos alunos quanto as suas possibilidades de uso do e- Metabolismo: Glicídios	181
Quadro 5. e-mail recebido pelo professor quando a aluna, no ambiente, respondeu ao seu comentário.....	188
Quadro 6. Relação entre as sub-categorias da primeira categoria (melhorar a aprendizagem), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações. .	217
Quadro 7. Relação entre as sub-categorias da primeira categoria (melhorar a aprendizagem), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações .	218
Quadro 8. Relação entre as sub-categorias da primeira categoria (melhorar a aprendizagem), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações .	219
Quadro 9. Relação entre as sub-categorias da primeira categoria (melhorar a aprendizagem), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações .	220
Quadro 10. Relação entre as sub-categorias da primeira categoria (melhorar a aprendizagem), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações .	221
Quadro 11. Relação entre as sub-categorias da segunda categoria (aprendizagens mais significativas), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações	222
Quadro 12. Relação entre as sub-categorias da segunda categoria (aprendizagens mais significativas), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações	223
Quadro 13. Relação entre as sub-categorias da segunda categoria (aprendizagens mais significativas), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações	224

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Critérios de Análise dos Mapas conceituais	167
Tabela 2. Comparação entre as médias da pontuação aferida com os mapas conceituais (MC) dos grupos A e B (método 1 e 2).....	167
Tabela 3. Quadro geral da relação usuário e interações.....	177
Tabela 4. Número de interações e porcentagem de finalizações por tipo de atividade interativa – Ciclo de Krebs	177
Tabela 5. Número de Interações e porcentagens de finalizações por tipo de atividade interativa – Glicólise	178
Tabela 6. Percurso feito por esta aluna no ambiente no período de 6 de maio à 16 de junho de 2005	205

LISTA DE ABREVIATURAS E DE SIGLAS

1ºMC 1	Primeiro mapa conceitual – método 1
1ºMC 2	Primeiro mapa conceitual – método 2
2ºMC 1	Primeiro mapa conceitual – método 1
2ºMC 2	Primeiro mapa conceitual – método 2
3ºMC 1	Primeiro mapa conceitual – método 1
3ºMC 2	Primeiro mapa conceitual – método 2
AEMBq	Ambiente de estudo Multimídia de Bioquímica
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CPE	Coordenação de Programas Especiais
DEPEM	Diretoria de Projetos Especiais de Modernização e Qualificação do Ensino Superior
DMD	Diagrama Metabólico Dinâmico
DMDV	Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual
FFFCMPA	Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre
ICBUSP	Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo
INPI	Instituto Nacional de Produção Intelectual
IQUSP	Instituto de Química da Universidade de São Paulo
M1	Método 1 = peso igual para todos os conceitos colocados no mapa conceitual
M2	Método 2 = pesos diferentes para todos os conceitos colocados no mapa conceitual
MEC	Ministério de Educação e Cultura
PAPED	Programa de Apoio à Pesquisa em Educação a Distância
PBL	Ensino Baseado em Problema
PGIE	Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação
PMDE	Programas de Modernização e Qualificação do Ensino Superior

PUCRS	Pontifícia universidade Católica do Rio Grande do Sul
SBBq	Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular
SBIE	Simpósio Brasileiro de Informática na Educação
TISE	Taller Internacional de <i>Software</i> Educativo
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UnB	Universidade de Brasília
UNESP	Universidade Estadual Paulista
USP	Universidade de São Paulo
WEB	<i>World Wide Web</i>

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	VII
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XV
LISTA DE FIGURAS.....	XVII
LISTA DE QUADROS	XX
LISTA DE TABELAS	XXI
LISTA DE ABREVIATURAS E DE SIGLAS	XXII
1. INTRODUÇÃO	27
1.1. <i>Considerações preliminares e motivação</i>	27
1.2. <i>Objetivos</i>	30
1.2.1. <i>Objetivo geral</i>	30
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	30
2. APRESENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	32
2.1. <i>A informatização do ensino médico</i>	32
2.1.1. <i>Mudanças no papel do professor do ensino médico</i>	36
2.2. <i>O Ensino de Bioquímica</i>	39
2.2.1. <i>Um pouco da história da Bioquímica</i>	39
2.2.2. <i>As necessidades específicas do ensino de Bioquímica</i>	46
2.2.3. <i>Soluções da informática para o Ensino de Bioquímica</i>	55
2.3. <i>Jogos em multimídia como ferramentas de ensino</i>	60
2.4. <i>Justificativa do projeto de pesquisa</i>	70
3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	72
3.1. <i>Questões para a pesquisa:</i>	72
3.2. <i>Hipóteses</i>	74
3.4. <i>Delimitação do Estudo</i>	74
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	77
4.1. <i>Sobre o construtivismo</i>	77
4.1.1. <i>Fatores de Desenvolvimento para Piaget</i>	78

4.1.2. Abstração empírica e reflexionante	87
4.2. <i>Sobre softwares baseados na teoria construtivista</i>	90
4.3. <i>Sobre mapas conceituais na educação</i>	91
5. METODOLOGIA	102
5.1. <i>Planejamento do software</i>	103
5.2. <i>Conteúdo de Bioquímica</i>	106
5.3. <i>Características pedagógicas</i>	107
5.4.- <i>Planejamento da interface e das atividades do software</i>	108
5.5. <i>Planejamento da metodologia de Avaliação</i>	110
5.5.1. <i>Validação do software</i>	111
5.5.2. <i>Avaliação dos alunos após o uso do software</i>	111
6. DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE EDUCACIONAL	113
6.1. <i>Histórico</i>	113
6.2. <i>Projeto e Desenvolvimento</i>	115
6.2.1. <i>Estruturação e programação</i>	119
6.2.1.1. <i>Primeira versão</i>	119
6.2.1.2. <i>Versão Atual</i>	123
6.4. <i>Recuperando os conceitos de Piaget</i>	130
6.5. <i>Apropriando as idéias de Piaget para o software</i>	134
6.6. <i>Considerações Gerais sobre o ambiente de ensino e aprendizagem</i>	139
7. EXPERIÊNCIAS COM O USO DO E-METABOLISMO: GLICÍDIOS.....	142
7.1. <i>Avaliação do ambiente</i>	143
7.2. <i>Primeira Experiência - ano 2003</i>	145
7.2.1. <i>Acompanhamento da aula no laboratório de informática</i>	146
7.2.2. <i>Análise dos mapas conceituais</i>	150
7.3. <i>Segunda Experiência - ano 2004</i>	169
7.3.1. <i>Mapas conceituais e prova escrita</i>	170
7.3.2. <i>Análise a partir dos registros no software</i>	176
7.4. <i>Terceira Experiência - ano 2005</i>	179
7.4.1. <i>Avaliação da aprendizagem dos alunos</i>	190
7.4.2. <i>Uma análise qualitativa</i>	200
7.5. <i>Experiências com alunos de outros cursos</i>	206
7.5.1. <i>Alunos do curso de Nutrição Universidade de São Paulo (USP)</i>	206
7.5.2. <i>Alunos do curso de Veterinária da Universidade Federal de Brasília (UnB)</i>	207
7.5.3. – <i>Alunos do curso de Farmácia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)</i>	208
7.5.4. <i>Alunos do curso de Farmácia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)</i>	210
7.5.5. <i>Alunos do curso de Engenharia Ambiental da UNESP- Rio Claro</i>	211
7.5.6. – <i>Avaliação pelos alunos de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (UFRGS)</i>	212
7.6. <i>Avaliando a satisfação do aluno com o uso do e-Metabolismo: Glicídios</i>	212
7.6.1. <i>Opinião dos alunos do curso de Ciências Biológicas:modalidade Médica da FFFCMPA sobre o uso do e-Metabolismo: Glicídios, em 2005</i>	228

8. CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE EDUCACIONAL.....	230
8.1. Construção pessoal do conhecimento ao longo do trabalho.....	230
8.2. Descrição feita pelo programador.....	233
8.3. Distribuição a outros professores, e publicações e prêmio.....	235
9. CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE CONTINUIDADE	238
9.1 Conclusões	238
9.2. Continuidade do Trabalho	240
REFERÊNCIAS.....	241
ANEXOS	250
ANEXO 1	251
Storyboard.....	251
ANEXO 2.....	254
Telas do Software DMDV.....	254
ANEXO 3.....	263
Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual.....	263
ANEXO 4.....	270
DMDV - Versão de 2003 (depositada no INPI)	270
ANEXO 5.....	274
Ficha de Avaliação do Diagrama Metabólico Dinâmico	274
ANEXO 6.....	275
Ficha de Consentimento Informado.....	275
ANEXO 7.....	277
Cronograma das Aulas.....	277
ANEXO 8.....	278
Planilha de acompanhamento das atividades e interações dos alunos no ambiente.....	278
ANEXO 9.....	279
Carta de um professor.....	279
ANEXO 10.....	280
Categorização das Respostas dos alunos	280
ANEXO 11	291
CD- Rom	291

1. INTRODUÇÃO

*“Sim, sou eu, eu mesmo, tal e qual resultei de tudo...
Quanto fui, quando não fui, tudo isso sou...
Quanto quis, quanto não quis, tudo isso me forma...”
Fernando Pessoa*

1.1. Considerações preliminares e motivação

Como professora de Bioquímica preocupada com o ensino, sentia necessidade de atualização em teorias pedagógicas que pudessem ser aplicadas ao ensino de Bioquímica de um curso de Medicina. O primeiro contato feito foi com o grupo de Educação em Bioquímica do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - ênfase em Bioquímica, em 2000, e depois com o Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PGIE) onde ingressei, primeiramente, como aluna especial, na disciplina de Seminário Avançado sobre Aprendizagem Humana: um processo em construção. Inicialmente, realizei um estudo sistemático das teorias pedagógicas e as reflexões feitas neste período serviram de base para leituras posteriores e escolha de outras disciplinas. Ficou claro, a partir daí, que, para desenvolver um material didático ou adotar uma nova metodologia de ensino, o professor necessita conhecer, analisar e criticar as teorias pedagógicas vigentes antes de adotar uma delas.

A partir deste estudo ocorreu uma tomada de consciência sobre como diferentes teorias pedagógicas levam a várias estratégias na preparação de um material instrucional, sendo importante, também, considerar o público a que destina o produto, neste caso, alunos do curso superior, faixa etária superior a 17 anos.

Tendo decidido pelo desenvolvimento de um material informatizado para o ensino e aprendizagem de Bioquímica, o conhecimento de informática tornou-se necessário. Isso me levou ao curso de Especialização em Informática na Educação a distância e após ao Doutorado em Informática na Educação (PGIE), para o qual apresento o presente projeto.

Esse trabalho ocupa-se do ensino de Bioquímica e da utilização de tecnologias educacionais informatizadas que possam contribuir para a melhoria deste ensino. Inicialmente, é feita a apresentação e contextualização do problema, mostrando o papel da Informática na Educação, sua relação com o ensino médico e, mais especificamente, com o ensino de Bioquímica.

A tese objetiva o estudo e a criação de uma nova ferramenta para o ensino de Bioquímica, baseada na interação do aluno com um ambiente digital contendo elementos de conteúdo e atividades lúdico-pedagógicas para estimular o processo ativo de aprendizagem do próprio aluno. Além disso, objetiva também avaliar se o uso deste material potencializa a aprendizagem, primeiramente, de uma rota metabólica: o Ciclo de Krebs, e depois as rotas do Metabolismo dos Glicídios.

Buscou-se determinar os processos cognitivos utilizados pelos alunos ao entrar neste ambiente e participar das atividades interativas e na compreensão do conteúdo, com base nas idéias de Jean Piaget. Esta observação fundamenta teórica e metodologicamente o desenvolvimento de um método de ensino de Bioquímica informatizado, que permita interação entre o aluno e o objeto de aprendizagem e, também, com o professor.

Paralelamente a este estudo, é feita uma discussão sobre o uso de jogos educacionais no ensino, uma vez que o produto criado utiliza a estratégia de um jogo de seqüência lógica para o estudo de uma rota metabólica. O conteúdo teórico do *software*, o Ciclo de Krebs e o Metabolismo de Glicídios, faz parte do conteúdo programático de disciplinas de Bioquímica das áreas biomédicas e o produto será, portanto, destinado a alunos do curso superior.

Atenção especial é dada ao desenvolvimento de instrumento de avaliação do *software*, tanto no que se refere ao próprio *software*, como produto computacional, quanto como instrumento adequado para ensino e aprendizagem, cujas características sejam compatíveis com as necessidades de apoio à interatividade e à ação ativa do aluno na construção do conhecimento, elementos que caracterizam a proposta interacionista.

Nesta avaliação é usado um questionário, adaptado de Passerino (2002), Vieira (2000) e Bertoldi (1999), para avaliar os aspectos técnicos. A questão da eficiência da aprendizagem do aluno será avaliada a partir de mapas conceituais e testes escritos, instrumentos de representação do conhecimento que viabilizam o acompanhamento do desenvolvimento do aluno e simultaneamente referências de

auto-aprendizado. A aceitação do método e o grau de satisfação do aluno é avaliada pela análise textual qualitativa de respostas, a um questionário, deixadas pelo usuário no ambiente, mais especificamente, no diário de bordo.

“O método consiste numa tentativa de lançar uma ponte entre o mundo dos sentidos e o mundo da ciência”.

Bertrand Russel

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Integrar novas tecnologias educacionais ao ensino de Bioquímica com a produção e validação de um *software* educacional do tipo jogo, visando o desenvolvimento de uma metodologia diferente da simples transmissão do conhecimento.

1.2.2. Objetivos específicos

a) Elaborar um ambiente de aprendizagem para apoiar o ensino de Bioquímica que extrapole a simples transmissão de conhecimentos por parte do professor, mas apóie a interação do aluno com o objeto de estudo e sua própria construção do conhecimento.

b) Criar no *software* uma estratégia que permita ao aluno compreender as transformações dinâmicas que sofrem os substratos na rota metabólica em estudo (por exemplo, o Ciclo de Krebs).

c) Desenvolver no aluno, através de respostas dadas às perguntas formuladas, a capacidade de resolver problemas e a compreensão dos conceitos envolvidos no metabolismo do substrato em um raciocínio geral, relacionado à propriedade e função na célula.

d) Desenvolver estratégia pedagógica suficientemente flexível para dar conta das necessidades individuais de cada aluno e seus diferentes ritmos de aprendizagem.

e) Utilizar no *software* recursos gráficos que possibilitem a visualização de conceitos complexos presentes nos conteúdos de Bioquímica.

f) Identificar os possíveis processos cognitivos envolvidos no desempenho das várias naturezas de atividades propostas no *software*.

g) Descrever as etapas do planejamento e desenvolvimento de um *software* para o ensino de Bioquímica, relacionadas à estratégia de ensino.

h) Utilizar um instrumento de avaliação que permita identificar a eficácia do uso de uma ferramenta informatizada para o estudo de rotas metabólicas.

i) Avaliar a satisfação dos alunos com o uso de material virtual para o estudo de Bioquímica.

2. Apresentação e Contextualização do Problema

*“A ciência divorciada da filosofia cumpre a sua lógica,
mas distancia-se do humano”.*

Rogério Galvão

2.1. A informatização do ensino médico

Diante do avanço tecnológico existente, o ensino superior tem incorporado em seu desenvolvimento as novas tecnologias de informática e de telecomunicação. As novas tecnologias são entendidas como outra forma de articulação de linguagens, introduzida em novos suportes que são as máquinas dotadas de capacidade de armazenar, processar e trocar informações, de forma assíncrona ou síncrona, a uma grande velocidade e de alta confiabilidade (MARQUES, 2003)

Por decreto do Ministério de Educação e Cultura do dia 21 de dezembro de 1998 a Coordenadoria dos Programas de Modernização e Qualificação do Ensino Superior (PMDES) foi transformada na Diretoria de Projetos Especiais de Modernização e Qualificação do Ensino Superior (DEPEM) e os Projetos Especiais do 1º semestre de 1999 incluiu o Programa de Informatização do Ensino de Graduação com o objetivo de proporcionar instrumentos eletrônicos para tecnologias inovadoras de ensino de graduação, através do uso de micros, *softwares* e CD-

ROMs, vídeos, rede e internet, etc. No relatório do MEC (abril de 2000); "Enfrentar e Vencer Desafios" encontramos nas páginas 25 e 26 o relato do investimento em recursos didáticos. As instituições se candidataram a participar do programa mediante a apresentação de projetos de desenvolvimento institucional e conseguiram recursos para informatização tanto nas salas de aula, bibliotecas quanto na área administrativa.

O desenvolvimento e o acesso a tecnologias informatizadas potencializaram a capacidade e a resolução dos sentidos humanos. O papel do médico na sociedade guarda uma característica comum desde os seus primórdios, que é a instrução sobre a saúde, o diagnóstico e tratamento de doenças. O médico contemporâneo possui, além de seus olhos, ouvidos, tato e olfato, equipamentos de maior acuidade e precisão como métodos cromatográficos, microespectrográficos, microfotografias, isótopos radioativos, microscopia eletrônica, tomografia computadorizada, ressonância magnética e outros.

Além da revalorização do trabalho criativo do clínico geral, o médico, na sua formação, deve ser capacitado para dirigir e organizar equipes de saúde, nos diferentes níveis em que se desenvolve o exercício profissional (primário, secundário e terciário), devendo priorizar a integração e a coordenação dos conteúdos, atentando aos aspectos biológicos, psicológicos, sociais e ambientais e superando a fragmentação curricular que possa estar acontecendo. Surgiram, então, novos campos de trabalho e saber para médicos e investigadores, como é o caso da Bioquímica, da Biologia Molecular, da Genética, da Embriologia Experimental e da

Imunologia. Apoiado em dados laboratoriais, o conhecimento da ontogenia da espécie humana deu um gigantesco passo desde o início deste século.

As considerações relatadas sugerem a necessidade de reformulação do ensino médico, de forma a integrar as novas demandas de formação dos futuros profissionais e também os elementos possibilitados – e exigidos - pela tecnologia informatizada. Com o rápido progresso da medicina as escolas médicas necessitaram ter como meta a criação e manutenção de programas de excelência em educação continuada e métodos de documentação e difusão científica, além de iniciação científica eficaz, contato precoce com o paciente, utilização de métodos ativos de aquisição do conhecimento. Atualmente o uso do computador possibilita a obtenção de radiografias digitais e de registros médicos eletrônicos com a disponibilização dessas informações através da Internet, usando a interface da *World Wide Web (Web)*. Para todos esses itens as ferramentas disponibilizadas pela informática são fundamentais. A Informática tem um papel importante, quer na aquisição de dados, quer na possibilidade de diagnósticos cada vez mais precisos e também no ensino.

As aplicações da tecnologia de informação para o acesso e o gerenciamento da informação médica têm tido um crescimento acentuado nos últimos anos. Este ritmo de descobertas deve continuar aumentando nos próximos anos e décadas. O volume de informações médicas publicadas em papel está duplicando a cada quatro anos e meio e as publicadas na Internet está duplicando a cada seis meses (SABBATINI,1999). Considerando o crescimento exponencial de informações de natureza médica, fica difícil para o estudante, ou mesmo para o profissional, dominar

o conhecimento existente. Buscar informações, em situações de dúvidas depende de acesso rápido e eficiente a bases de conhecimento médico de abrangência internacional.

Agilização da transmissão de informação médica e viabilização de instrução dirigida por meio de simulação de casos têm possibilitado o treinamento de estudantes para a estratégia global de solução de problemas. Os alunos também podem interagir em ambientes de instrução computadorizada, promovendo uma aprendizagem de forma diferenciada daquela que vinha sendo realizada ao longo dos últimos 50 anos, tempo em que o desenvolvimento tecnológico acrescentou novos paradigmas à formação dos médicos. O médico atual necessita continuar a aprender sempre e não pode mais prescindir do uso da informática na prática clínica, e o ensino médico tem que preparar o aluno para esta realidade (MARCONDES e GONÇALVES,1998).

O profissional deve ser capacitado para o uso da tecnologia, dominar a técnica e o conteúdo, promovendo a integração de conhecimentos. O valor do profissional atual não estará mais relacionado com a sua capacidade de memorização, mas sim de raciocínio e de busca a informação (AZEVEDO, CAPP, MATTOS-DUTRA, 2001).

O professor, sem se afastar dos seus objetivos pedagógicos, deve estar bem preparado para dominar a técnica e o conteúdo, promovendo a integração de conhecimentos. É preciso desmistificar o computador, colocando as novas tecnologias à disposição de todos os que possam ver nela um processo de desenvolvimento pessoal e coletivo. Neste contexto, o professor deixa de ser o único

ponto de acesso do aluno às informações e passa a ser o criador do ambiente de aprendizagem, além de ser o mediador da relação do aluno com esse ambiente e com o processo de construção de conhecimento. O aluno, por sua vez, não poderá mais se limitar a absorver informações da antiga fonte (o professor); vai ser estimulado a administrar seu tempo e seus interesses, buscando respostas em todos os meios a sua disposição. Ao invés de memorizar a informação, deve ser levado a buscar e a usar esta informação. Essa habilidade, de saber procurar e usar as informações em múltiplas fontes, inclusive na Internet, desenvolvida ao longo do processo de sua formação deve servir para que os futuros médicos se mantenham atualizados, participando inclusive de discussões virtuais. Na verdade, essa consideração se refere à formação de todos os agentes de saúde, além de outras áreas. O acesso à tecnologia informatizada, bem como o treinamento das habilidades relacionado a essa formação, sem dúvida já faz parte dos pré-requisitos para o sucesso destes profissionais.

2.1.1. Mudanças no papel do professor do ensino médico

Diante do quadro descrito no item anterior, é necessário que o professor também cumpra o seu papel de forma inovadora. Seu trabalho é parte integrante do processo educativo mais global, pelo qual os membros da sociedade são preparados para a participação na vida social. O papel do professor frente ao avanço tecnológico sofreu uma mudança no sentido de adaptar sua metodologia à nova realidade.

O ensino médico deve se adaptar ao novo contexto tecnológico do médico e, nesse processo volta-se sobre si mesmo para entender a aprendizagem. O professor deve aceitar o desafio de transformar a educação médica, oferecendo à sociedade médicos mais competentes, humanos e éticos. Deve estar preparado para recuperar a primazia da clínica, da razão científica, no uso da fantástica tecnologia disponível e ampliar o repertório semiológico do médico, através de uma revalorização das dimensões biológica e psicológica e da efetiva inclusão da dimensão social do ser humano, como forma de enriquecer os processos do diagnóstico e da conduta. Supõe-se que, para isso, o ensino médico deva se caracterizar por ser mais do que transmissão. Implica educar para a vida, conscientizar o aluno sobre valores éticos, atitudes e comportamentos esperados do médico na sociedade, e, além disso, propiciar condições para que o educando tenha autonomia para continuar a aprendizagem sem a presença e interferência do professor.

Entretanto, é comum, entre os docentes do ensino médico, o professor construir sua própria didática, intuitiva e empiricamente. Esta prática, em geral, reproduz o discurso de um professor daquela mesma disciplina ou usa um professor considerado “bom” como “modelo” para suas aulas, espelhando-se no professor que conheceu como aluno. Os procedimentos e estratégias didático-pedagógicas, em geral, são escolhidos a partir de suas observações, com base no seu bom senso. Com o passar do tempo, o professor adquire experiência em organizar e conduzir o ensino (GRIGOLI, 1998).

Quem considera que para ser professor universitário basta dominar o conteúdo e saber transmiti-lo está partindo de um pressuposto sobre o conhecimento hoje inteiramente questionável (FISCHER,1996), tendo em vista resultados de investigações acerca de como se processa o ato de conhecer/aprender. O autor é favorável a uma concepção de conhecimentos que supõe, entre outros fatores, a relação sujeito (aluno) – objeto (conteúdo) numa interação dinâmica e permanente, que se torna sempre mais rica e efetiva de acordo com a atitude de mediação do professor. Esse papel assumido pelo professor caracteriza a metodologia interacionista.

No caso do presente trabalho, a aprendizagem será enfocada a partir da fundamentação teórica construtivista que está condicionada à ação do sujeito sobre o objeto de estudo. Para superar a simples transmissão de conteúdos, a proposta do construtivismo é de que a aprendizagem seja um processo interativo em que os sujeitos constroem seus conhecimentos através da sua ação com o objeto de estudo e com meio, numa inter-relação constante entre fatores internos e externos. Esta proposta sugere que a aquisição de conhecimento é um processo construído pelo indivíduo durante toda a sua vida, com base na *assimilação* de novas informações, *acomodação* ao quadro de estruturas cognitivas já existentes e *equilíbrio* permanente do novo conjunto formado por antigas e novas estruturas integradas (PIAGET, 1976 e 1978). Esta proposta epistemológica, na prática, será tratada como uma concepção interacionista de ensino-aprendizagem.

Libâneo (1998) considera que as concepções interacionistas evitam a polarização entre a ação educativa externa e a atividade interna dos sujeitos. A

explicação interacionista para o processo educativo afirma que o ser humano se desenvolve tanto biológica como psicologicamente na interação com o ambiente, implicando a interação entre o sujeito e o meio. As várias versões de concepções interacionistas se diferenciam quanto à ênfase que dão à iniciativa do sujeito diante do meio ou do papel mais efetivo do meio na modificação do sujeito. Além das necessidades relacionadas às mudanças no ensino médico, há especificidades relacionadas ao ensino de Bioquímica, integradas neste contexto, que precisam ser levados em conta.

2.2. O Ensino de Bioquímica

2.2.1. Um pouco da história da Bioquímica

A Bioquímica é a ciência que estuda as moléculas (substâncias) que constituem os seres vivos e as transformações que elas sofrem durante o metabolismo. A Bioquímica apresenta íntima relação com a Química, uma vez que as moléculas isoladas e examinadas individualmente obedecem às leis químicas e físicas que descrevem o comportamento de matéria inanimada. “A Bioquímica é a química que ocorre nos sistemas vivos” (BERG, TYMOCZKO, STRYER, 2004, p.9). Na genealogia da Bioquímica existem duas correntes paralelas: uma proveniente da Medicina e da Fisiologia, que trata dos estudos e pesquisas da composição química dos líquidos biológicos (sangue, urina) e dos tecidos, considerando suas variações normais e patológicas; a outra corrente provém da Química Orgânica e da Físico-química que estuda a estrutura e propriedades dos compostos orgânicos de

ocorrência natural e a investigação das transformações de matéria e reutilização de energia. Considerada por muito tempo como parte da Fisiologia e da Química, só pouco antes da metade do século passado é que a Bioquímica surgiu como uma ciência própria e autônoma, possuidora de métodos experimentais e capacidade de previsão quanto aos processos biológicos (LEHNINGER, 1976; KOOLMAN e KLAUS-HEINRICH, 2005).

O desenvolvimento da Bioquímica foi impulsionado a partir da história e conhecimento das enzimas, na década de 30 do Século XX. Praticamente todas as reações que ocorrem nos organismos vivos são aceleradas por biocatalisadores orgânicos específicos chamados de enzimas. Com exceção de um pequeno grupo de moléculas de ácido ribonucléico (RNA) que possuem propriedades catalíticas, as enzimas apresentam estrutura protéica, são termolábeis (sensíveis a variações de temperatura) e podem atuar também fora das células onde normalmente podem ser encontradas.

Os processos enzimáticos foram empregados empiricamente pelo homem desde a pré-história. O início do conhecimento científico foi no século XVIII com Réaumur e Spallanzani, em estudos de digestão de carne pelo suco gástrico de animais carnívoros. Em 1835, J.J. Berzelius publicou a primeira teoria da catálise química, na qual descrevia que a hidrólise do amido catalisada por uma substância presente no malte (hoje conhecida como amilase) era mais eficiente do que na presença de ácido sulfúrico. Em 1860, Louis Pasteur reconheceu que a fermentação alcoólica do açúcar acontecia na presença de catalisadores (fermentos) que estavam intrinsecamente ligados à estrutura e à vida da célula do levedo. Em 1877,

o nome *enzima* começou a ser usado em substituição ao nome dado aos catalisadores biológicos, até então conhecidos como *fermentos*. Em 1897, Eduard Buchner extraiu da célula do levedo as enzimas que catalisam a fermentação alcoólica, derrubando o conceito defendido por Pasteur de que o processo de fermentação estaria dependente da célula viva. Esta descoberta foi um ponto importante para o reconhecimento de sistemas multienzimáticos como unidades catalíticas de rotas metabólicas.

Em 1926, J.B. Summer conseguiu, pela primeira vez, isolar uma enzima em forma pura; a urease, extraída dos extratos de feijão soja. Ele apresentou evidências de que as enzimas eram proteínas. Isto só foi aceito anos mais tarde, no período entre 1930 e 1936, quando J. Northrop cristalizou as enzimas pepsina, tripsina e quimiotripsina, comprovando a natureza protéica das mesmas. Durante este período J.B.S. Haldane escreveu um livro intitulado *Enzimas*, no qual descreveu as interações entre a enzima e o seu substrato. Atualmente se conhecem mais de duas mil enzimas diferentes, das quais muitas já foram isoladas em forma homogênea pura e mais de duzentas foram cristalizadas.

A via glicolítica ou glicólise, na década de 30 (por volta de 1940), foi o primeiro sistema enzimático a ser elucidado, a partir de dados experimentais obtidos através da produção e utilização dos intermediários; da medida da atividade das enzimas que constituem o sistema multienzimático; do uso de inibidores como o iodoacetato e o fluoreto e por técnicas que utilizam carbono radioativo, como análise dos produtos da fermentação da glicose marcada com carbono radioativo (C^{14}). Em 1905 Arthur Harden e William Young deram sua contribuição para a elucidação da

citada via metabólica, com a descoberta de que a fermentação alcoólica requeria fosfato e que acumula, em determinadas condições hexose monofosfato. Outros pesquisadores colaboraram na investigação da glicólise, entre eles pode-se citar Embden, que postulou como ocorria a clivagem da frutose 1,6 bifosfato e o padrão global das etapas subseqüentes; Otto Meyerhof, que revisou os conceitos de Embden e estudou a energética da glicólise; Otto Warburg em Berlim, C. F. Cori nos Estados Unidos e J. Parnas na Polônia também contribuíram para elucidação da glicólise. Devido à importância destas contribuições, a glicólise é também, denominada de Via de Embden-Meyerhof-Parnas. Em 1941, Fritz Lipmann e Herman Kalckar reconheceram o papel metabólico dos compostos de alta energia como o ATP. Nesta época, todas as etapas individuais desta via ficaram conhecidas. Os estudos iniciais sobre o mecanismo da rota de degradação da glicose foram efetuados em extratos de levedura e de músculos, mas foi demonstrado que essa via ocorre com pequenas variações na maioria das formas de vida, uma indicação do valor da sobrevivência evolutiva desta via primitiva de produção de energia, revelando uma uniformidade como base da Bioquímica (LEHNINGER, 1976; BERG, TYMOCZKO, STRYER, 2004).

O ciclo do ácido tricarboxílico, via final comum para a oxidação das moléculas no metabolismo celular, é considerado o centro bioquímico da célula, pois também fornece precursores para a biossínteses. Ele foi postulado pela primeira vez como via de oxidação do piruvato em tecidos animais por Hans Krebs em 1937. No período de 1910 a 1920, trabalhos de Thunberg, Battelli e Stern mostraram a existência de reações de transferência de hidrogênio de ácidos como succínico,

málico e cítrico em suspensões anaeróbicas de tecidos animais. Após a descoberta, por vários pesquisadores, de que o succinato, o fumarato, o malato e o citrato eram rapidamente oxidados a dióxido de carbono pelo oxigênio molecular em homogenados de tecido animal, Albert Szent-György, em 1935, estabeleceu a seqüência das reações para oxidação do succinato. Martius e Knoop verificaram que o citrato era oxidado enzimaticamente a succinato por homogenados de tecidos animais, passando pela formação do α -cetogluturato. Com base nessas observações, Krebs começou a estudar as inter-relações nos processos oxidativos dos vários ácidos di e tricarboxílicos em homogenados de músculos de vôo de pombo. A descoberta de Quastel e Wooldridge, anos antes (1928), de que o malonato inibe a atividade da succinato desidrogenase, muito contribuiu para as conclusões de Krebs sobre o ciclo. Com o emprego da técnica de tracejamento isotópico¹ foi possível confirmar que o ciclo do citrato realmente ocorre nas células vivas e em velocidade suficientemente alta (KREBS, 1937; LEHNINGER, 1976; BERG, TYMOCZKO, STRYER, 2004).

Estes fatos relatados são alguns dos exemplos da história da Bioquímica e de como é dinâmica e complexa esta ciência. Atualmente, a Bioquímica continua a se desenvolver, com pesquisas em vários campos fundamentais da biologia, como a diferenciação celular e dos organismos, a origem da vida e a evolução, o comportamento e a memória, e as bases moleculares das diversas doenças. Hoje, a prática da medicina depende da compreensão de regras e interações do enorme número de diferentes substâncias que permitem aos organismos funcionarem e de

¹ Técnica que utiliza isótopos radioativos para identificar a presença de um elemento num determinado composto

como é possível modificar e melhorar o seu desempenho, através de nutrição adequada e atividade física. A determinação da seqüência de genomas de vários organismos, a partir de técnicas Bioquímicas de seqüenciamento de DNA que foram desenvolvidos há mais de três décadas e estudos do genoma humano estão revelando as origens de doenças. Entender e conhecer a Bioquímica dá condições ao indivíduo compreender e conservar a saúde e conhecer as doenças e seus tratamentos (BAYNES e DOMINICZAK, 2000).

No primeiro plano do estudo da Bioquímica, é necessária a compreensão da estrutura e relação de moléculas biologicamente relevantes e seus metabolismos, seguidas do conhecimento da relação entre estrutura química e função biológica, da atividade de rotas metabólicas na transferência de informação, da atenção da distribuição espacial e temporal diferente das biomoléculas nas células e nos organismos e do fato, de que os processos bioquímicos estão também sujeitos a uma evolução (KOOLMAN e KLAUS-HEINRICH, 2005; MURRAY, 2000).

A Figura 1, mostra um mapa conceitual sobre a Bioquímica, construído de forma colaborativa pelos alunos da Disciplina de Bioquímica do Curso de Medicina da FFFCMPA, em 2005.

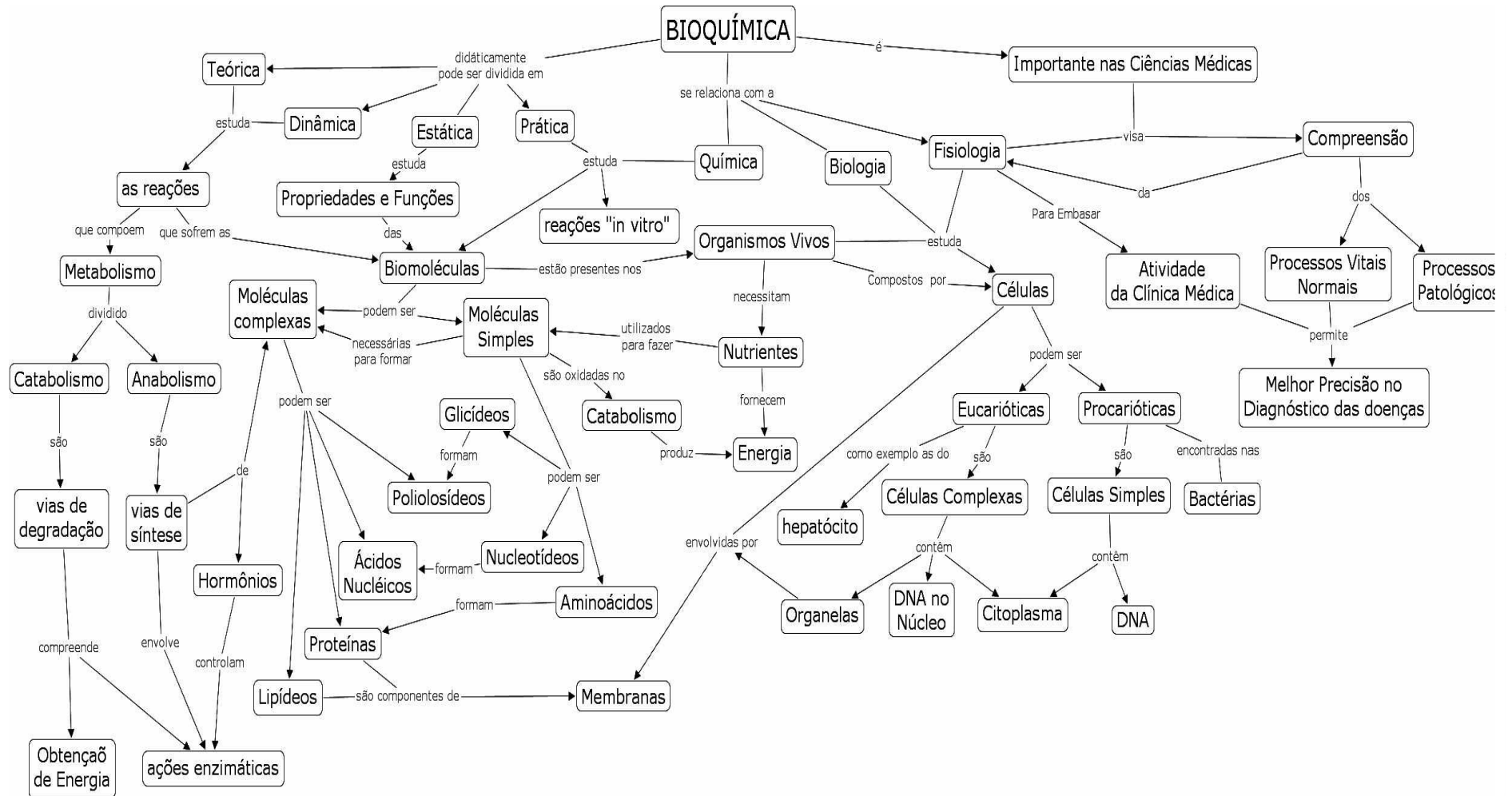


Figura 1. Mapa Conceitual sobre Bioquímica

2.2.2. As necessidades específicas do ensino de Bioquímica

As motivações mais freqüentes dos estudantes que ingressam no curso de Medicina são o interesse no ser humano, o desejo de auxiliar as pessoas a resolver problemas de saúde. Não é raro, portanto, encontrar situações em que, ao cursar as disciplinas básicas dos cursos de formação de médicos, como a Bioquímica, os estudantes sintam-se desinteressados e entediados, porque não conseguem perceber a relação entre os conteúdos básicos que estão recebendo e sua aplicação, na prática médica.

Um dos problemas do ensino de Bioquímica e de outras disciplinas da área básica é a falta de identificação desse estudo com a profissão escolhida pelo aluno. Esta compreensão será obtida em estágios mais avançados da formação. A comprovação de que isso acontece foi constatada num estudo feito pelo Prof. Dr Bayardo Torres sobre o interesse pela disciplina de Bioquímica dos alunos do curso de Nutrição da USP (TORRES, 2005)

Além disso, o conteúdo de Bioquímica é particularmente difícil, para o aluno pelo fato de lidar com conceitos complexos, que exigem conhecimento prévio sobre fatos e descobertas já estabelecidas experimentalmente e aceitas pelos cientistas. Por exemplo, o estudo da transferência da energia contida nos nutrientes, através de reações de oxidação, para compostos ricos em energia do metabolismo celular, isto é, o acoplamento entre reação de oxi-redução e a síntese de ATP. Este estudo também é conhecido como mecanismo de fosforilação oxidativa. Muitas vezes, em

situações práticas de sala de aula, é necessário usar recursos visuais para representar fenômenos como o do exemplo citado, que trata das reações químicas que ocorrem no interior das células, em nível microscópico e, portanto, pouco observáveis.

Atualmente existe um vasto volume de informações disponíveis sobre o conteúdo de Bioquímica, sendo necessário reduzi-lo para adaptar ao programa das disciplinas de Bioquímica Básica. Este fato é, também, uma das dificuldades apresentadas pelo ensino de Bioquímica. (YOKAICHIYA et al., 2004).

Como já foi comentado anteriormente, a Química e a Bioquímica apresentam uma grande afinidade, uma vez que ambas procuram relacionar estrutura molecular com reatividade ou função. A moderna Bioquímica surgiu no século XIX, como base explicativa da dinâmica material dos processos orgânicos, em que a parte experimental evoluiu com os trabalhos de Justus von Liebig (1839) sobre fermentação. Muitas enzimas foram isoladas e a cinética enzimática ficou sendo mais bem entendida. Vários experimentos em laboratório foram realizados e a Bioquímica experimental passou a fazer parte dos cursos de graduação. Apesar disso, o aluno ainda apresenta dificuldades para entender e visualizar uma reação que ocorre, tanto *in vitro* (no tubo de ensaio) como *in vivo* (dentro da célula viva).

Os protocolos de aulas práticas, em sua maioria, descrevem um processo, indicando que, quando ocorre mudança de uma determinada cor na solução, isso significa que os componentes reagiram. Na verdade, o aluno não está visualizando o choque entre as moléculas, mas sim uma informação visual (a troca de cor) que deve ser interpretada como um fenômeno ocorrido ao nível molecular. Trata-se de

uma dificuldade prática na aprendizagem do aluno, que deve simplesmente aceitar a informação que está sendo disponibilizada pela experiência, e interpretá-la segundo o conhecimento já estruturado sobre o assunto, seja do professor ou do livro onde o protocolo estiver descrito. Esta realidade estaria, aparentemente, na base mesmo do desenvolvimento da moderna Bioquímica, segundo relato que faz parte da cultura da disciplina, transmitida inclusive aos alunos. Conta esse relato, por exemplo, que o fenômeno da mutarrotação, propriedade das oses (glicídios simples), comprovada primeiramente por Dubrunfaut em 1846 (VILELA, BACILA, TASTALDI, 1966), o qual deu o nome ao fenômeno de birrotação, depois modificado para mutarrotação por sugestão de Lowry (GORTNER e GORTNER,1953), foi descoberto, após o reconhecimento da capacidade das oses (monossacarídeos) de desviar o plano da luz polarizada por Arago (1810) e a identificação do poder rotatório específico das substâncias por Biot (SMITH et al.,1954). O pesquisador trabalhando com duas soluções aquosas recentes de glicose constatou, por acaso, que uma das soluções apresentava um poder rotatório específico inicial de $+112^{\circ}\text{C}$ e a outra de $+18,7^{\circ}\text{C}$ e que em ambas as soluções, os valores mudavam gradativamente com o tempo até $+52,5^{\circ}\text{C}$, onde permaneciam constante.

Nem sempre se consegue reproduzir a história das descobertas para o aluno e muitas vezes as práticas de laboratório são dispendiosas e requerem um tempo grande para se reproduzir o fenômeno, incompatível com o horário de aula. O professor tem como única alternativa relatar o processo, o qual nem sempre é compreendido pelo aluno. Professores tentam superar estas dificuldades usando analogias. Por exemplo, a explicação da regulação da glicólise (rota metabólica de

degradação da glicose) é feita comparando com mecanismo de produção de energia elétrica numa turbina (STAVRIANEAS e SILLVERSTEIN, 2005)

Muitas vezes, em situações práticas de sala de aula, é necessário usar recursos visuais para representar reações que ocorrem na célula, ou que permitam a identificação de um metabólito num líquido biológico, (em nível microscópico e, portanto, pouco observáveis) como, por exemplo, uma prática de laboratório, para identificação da glicose na urina. Neste caso, o aluno poderá usar um reativo com sulfato de cobre e observará o aparecimento de uma coloração vermelho-tijolo, devida à precipitação do cobre que sofreu redução, enquanto que a glicose oxidou. Para compreender o processo, o aluno precisa obrigatoriamente possuir um conhecimento prévio das reações de óxido-redução. Mesmo nesta situação, ele pode aceitar que ocorreu a reação, mas não visualiza a transformação sofrida pela glicose. Tradicionalmente, essa visualização é realizada através de desenhos ilustrativos que procuram imitar a dinâmica do processo molecular, com resultados quase sempre imprecisos e irregulares.

Até hoje, muitas vezes o aluno não consegue acompanhar uma aula expositiva, mesmo com o auxílio de lâminas, e apresenta dificuldades no aprendizado, que aparece na forma de queixas dos alunos, evasão das aulas e, casos mais evidentes, notas baixas nas provas. Essa situação não contribui para que os alunos percebam a importância da Bioquímica para a prática médica, tanto na formulação de diagnósticos quanto na compreensão do desenvolvimento das doenças e seu tratamento. Além disso, nem sempre é possível ao professor adequar-se às necessidades de cada aluno, uma vez que cada um tem

características individuais que devem ser respeitadas, justificando, portanto, o desenvolvimento de métodos flexíveis, com múltiplas formas de representação, acesso e graus de interatividade.

Estas características e particularidades do ensino em Bioquímica, nos cursos de Medicina, tendem a gerar desinteresse do aluno. Esse fato reforça a preocupação por parte dos professores destes cursos em procurar novas metodologias e esclarece o motivo pelo qual o ensino de Bioquímica apresenta particularidades entre as Instituições de ensino superior. Apenas para ilustração, uma breve descrição da diversidade de metodologias de ensino nesta área em Faculdades das áreas biomédicas no Brasil e em Portugal.

Na FFFCMPA, a disciplina de Bioquímica é ministrada apenas no primeiro semestre do curso, com uma carga horária grande (8h aula/semana). O aluno tem aulas teóricas expositivas, aulas de laboratório, estudos em grupo com o jogo de seqüência lógica DMD ou discussões de casos clínicos. O ensino se desenvolve de maneira tradicional onde a avaliação é feita por provas escritas, conferindo grau (nota), exigência do regimento interno da instituição.

A Bioquímica no Curso de Medicina da UFRGS é ministrada nos primeiros semestres do Curso de Medicina, através de três disciplinas seqüenciais, sendo a primeira voltada à Bioquímica básica e as duas outras à Bioquímica de órgãos, tecidos e sistemas. A metodologia de ensino segue a ordem natural de desenvolvimento do conhecimento médico: do patológico ao normal. No início do curso, os alunos são reunidos em grupos e após entrevista com pacientes diabéticos em casa, nos hospitais ou nos ambulatórios, colhendo o maior número possível de

dados (acompanhados por monitores) eles listam dados e os organizam, levantando dúvidas e problemas. O entendimento de cada problema envolve uma série de perguntas que serão respondidas através do enfoque molecular, em grupos de discussões, sem o uso de aulas expositivas, o que continua nas outras duas disciplinas do curso, quando o conteúdo é trabalhado na forma de casos clínicos (WANNMACHER, 2001).

Na Faculdade de Medicina da PUCRS o ensino de Bioquímica era formado por três disciplinas, ministradas no primeiro ano do curso: Bioquímica Fundamental, Bioquímica das Inter-relações Metabólicas e Biologia Molecular aplicada à Medicina. As aulas expositivas são poucas e estudo em grupos ou individual com discussões de casos clínicos são mais utilizados. Atualmente com reformulação do currículo do curso médico a Bioquímica passou a fazer parte de um módulo integrado com as disciplinas de Fisiologia e Biofísica².

Nos cursos de Farmácia, Nutrição e Fisioterapias da PUCRS, a disciplina de Bioquímica é ministrada de forma mais tradicional com aulas teóricas expositivas ou trabalhos em grupo e aulas práticas de laboratório.

Na Universidade Estadual de Londrina (UEL), o curso de Medicina e Enfermagem utilizam um currículo diferente, organizado em módulos, utilizando o ensino baseado em problemas (PBL) e o ensino de Bioquímica se desenvolve durante todo o curso, integrado com as disciplinas clínicas (VARGAS, 2003). Nos demais cursos da área biomédica desta mesma Universidade, há diferentes

² Informações fornecidas pessoalmente por Maria da Graça Fauth e Renato Dutra professores de Bioquímica da PUCRS.

situações, pois os cursos de Medicina e os outros cursos como Agronomia, Veterinária, Zootecnia, Química, Biologia, Biomedicina, Odontologia, Fisioterapia, Farmácia e Ciências dos Esportes possuem um currículo mais tradicional e nestes é apresentada a Bioquímica mais tradicional, com apenas algumas iniciativas pedagógicas não tradicionais existem, dependendo da disponibilidade do professor.

Na Faculdade de Medicina de Lisboa a Bioquímica é dividida, também, em três disciplinas: Bioquímica Celular, Bioquímica Fisiológica e Biologia Molecular da Célula. A primeira disciplina de Bioquímica decorre no 1º semestre, num total de 13 semanas úteis, equivalentes a 96 horas de escolaridade total aproximadamente, com a seguinte distribuição: aula teórica (1h/semana), aula teórico-prática (2h/semana) aula laboratorial prática (2h/semana) e seminários de debate multidisciplinar são realizados em dois encontros com 3h de duração cada³.

Poderia se continuar descrevendo o ensino de Bioquímica em várias outras Faculdades de Medicina e, como já foi referido, continuariam a aparecer diferenças na distribuição do conteúdo e nas metodologias utilizadas entre elas. Porém, todas apresentam equivalência na carga horária total, no conteúdo programático e todas buscam transmitir os conceitos básicos relacionando-o com a clínica médica.

O fato de haver múltiplas formas de ensino de Bioquímica, em parte, explica a preocupação de professores e sociedades científicas em tentar trocar experiências visando a melhoria do ensino. A Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular – SBBq, que tem como objetivo promover o ensino e a pesquisa em

³ Informação disponível em (http://fmlweb.fm.ul.pt/portal/page?_pageid=54,78306&_dad=portal&_schema=PORTALUTH acesso em 31/07/2004).

Bioquímica e Biologia Molecular e divulgar o desenvolvimento da pesquisa no Brasil, divulga no seu site⁴ a Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular e, em 2004 promoveu, em sua reunião anual, um Workshop de Ensino de Bioquímica, espaço para discussões e divulgação de experiências de professores com o ensino de Bioquímica.

Todas as necessidades específicas do ensino de Bioquímica, em especial aquelas que dizem respeito ao ensino médico, movimentaram o interesse dos professores dessa área. Aliado a esse movimento, a explosão das soluções de informática levaram ao surgimento de vários materiais didáticos. A informática pode proporcionar ao aluno uma nova dinâmica ao processo de construção do conhecimento e, ao mesmo tempo, favorecer o trabalho do professor, agregando valor à sua capacidade de representação e possibilitando que o conteúdo seja apresentado por meio de imagens interativas, estáticas e animadas, que ilustram e facilitam a visualização e, portanto, a compreensão das informações e dos conceitos. Os recursos da hipermídia viabilizam uma representação mais verossímil do que ocorre nas transformações sofridas pelas substâncias no organismo vivo, permitindo também o planejamento de atividades que explorem as diversas habilidades de cada indivíduo.

As novas tecnologias, entendidas como uma outra forma de articulação entre linguagens textuais e visuais, em novos suportes dotados de capacidade de armazenar, processar e permitir trocas de informações a grande velocidade e com alta confiabilidade, possibilitam a criação de hipertextos e ambientes virtuais e

⁴ Disponível em <http://www.sbbq.org.br/revista> acesso em 27 de julho de 2005

podem promover uma transformação na dinâmica da sala de aula (MARQUES, 2003).

A informática pode proporcionar uma nova dinâmica ao processo de construção do conhecimento, para o aluno, e favorecer o trabalho do professor, possibilitando que o conteúdo a ser abordado seja apresentado por meio de imagens, que ilustram e facilitam a compreensão das informações e dos conceitos propostos. O crescimento do uso do computador no ensino de Bioquímica levou a revista *Biochemistry and Molecular Biology Education* a criar, no ano de 1994, como matéria especial a sessão “Computer Aided Learning”. Nessa sessão, são divulgados todos os trabalhos desenvolvidos na área 2.

O simples fato de usar o computador, na sala de aula, entretanto, não garante a aprendizagem. A utilização do computador, de maneira inteligente não é automática, mas está vinculada à maneira como o professor concebe a atividade pedagógica na qual ele será utilizado (VALENTE,1993). É preciso definir com clareza e competência o que é preciso ensinar para capacitar o aluno, dando-lhe condições para aprofundar seus conhecimentos, além de como desenvolver as aprendizagens definidas como importantes para o aluno lidar com sua realidade (BOTOMÉ,1994).

Além da transmissão do conteúdo de Bioquímica necessário à prática médica, o uso da Informática no ensino dessa área contribui para consolidar a importância da Bioquímica no ensino médico, possibilitando ao aluno aprender a buscar a informação em bancos de dados virtuais e em ambientes interativos, de forma

autônoma, item que faz parte do processo de educação continuada, desejável na formação dos profissionais contemporâneos.

2.2.3. Soluções da informática para o Ensino de Bioquímica

A preocupação com a melhoria do ensino de Bioquímica e a informatização das Instituições de ensino levou os professores à produção de materiais didáticos que utilizam a multimídia.

Assim como os professores de Bioquímica da FFFCMPA, um grande número de professores disponibilizam suas aulas na *web* (AZEVEDO, MATTOS-DUTRA, FIN 2005), possibilitando que o aluno tenha acesso ao conteúdo das aulas com antecedência visando melhorar sua participação em aula. A seguir estão listados alguns exemplos de *sites* desenvolvidos por professores de Bioquímica.

Visão Bioquímica é um *site* desenvolvido na Universidade de Brasília (FONTES et al., 2005), pela equipe do professor Este *site* tem extremo valor por apresentar particularidades e profundidade de conteúdos do ensino de Bioquímica que não se encontra em um só livro.

Professores de Bioquímica e Biologia Molecular da Faculdade de Veterinária e o centro de Biotecnologia da UFRGS (SILVA e GONZÁLEZ, 2005) criaram um *site*, para auxiliar os alunos dos cursos de graduação e pós-graduação, de modo a facilitar o aprendizado da Bioquímica e da Biologia Molecular. Segundo os autores, o estudo de Bioquímica exige a habilidade de formar ou conceber imagens mentais de estruturas e processos dinâmicos que ocorrem no espaço tridimensional, a qual os

textos e as figuras planas, bidimensionais e estáticas, dos livros convencionais deixam a desejar.

O Professor Pedro Jorge Araújo Alves da Silva, da Universidade de Fernando Pessoa apresenta um *site* (SILVA e GONZÁLEZ, 2005) com os conteúdos de Bioquímica trabalhados em suas disciplinas, com valiosas contribuições para o estudo da Bioquímica.

Os professores de Bioquímica da Faculdade de Farmácia da UFRGS também disponibilizam material didático na *web* (TRINDADE e SALBEGO, 2005), mas o acesso é restrito aos alunos regularmente matriculados no curso.

No seu *site*, o Professor George Oliveira, apresenta a organização de suas disciplinas, incluindo um estudo Integrado de Bioquímica, Biofísica e Fisiologia Aplicada à Prática Médica. Além de excelente material para o estudo de Bioquímica este *site* possibilita, mediante cadastro prévio, a participação em grupos de discussões sobre os temas abordados nessas disciplinas (OLIVEIRA, 2005).

O *site* Bioquimica.Online.pt, tem por objetivo disponibilizar de um modo estruturado e organizado informação relevante para a comunidade portuguesa de biocientistas e apresenta, além da compilação de informação dispersa, uma seleção entre conteúdos/fontes informativos de qualidade e merecedores de confiança e a grande quantidade de natureza duvidosa (OSÓRIO,ROCHA,CARVALHO, 2005).

Além destes *sites* citados, existem inúmeros outros, sendo impossível esgotar a tarefa de listá-los, pois a cada busca encontram-se novas inclusões.

Em forma de CD, também vários produtos estão sendo desenvolvidos, a seguir foram selecionados alguns exemplos deles.

Debra C. Henly e Athol E. Reid do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade de Queensland Austrália relataram no artigo publicado na revista *Biochemistry and Molecular Biology Education* (HENLY, 2001) o desenvolvimento e aplicação de um site com material instrucional usado como reforço para a aprendizagem das aulas de metabolismo e nutrição, o qual inclui textos em pdf, apresentações em PowerPoint, tutoriais e exercícios práticos.

O artigo de David Leader (1999) da Universidade de Glasgow (UK) descreve um *software* interativo que pode ser utilizado para revisão do estudo do metabolismo intermediário em mamíferos. Com este *software* o usuário pode simular situações que provocam alterações das rotas metabólicas durante o exercício, no estado alimentado e no de jejum.

Nagata (1999) apresenta um *software* composto por dois programas: um de perguntas e respostas referente ao exame Nacional no Japão para licenciar médicos (Japanese national licensure examination for Medical Technologist) e outro dicionário interativo básico de Bioquímica.

Uma variedade grande de programas e CD-ROM's nesta área está disponível no comércio, entre os quais pode-se citar *GET'it Biology Biochemistry* do *The Mona Group LLC*, *An eletronic companion to biochemistry* (WELLS e TUPY, 1997).

O CD ROM "Bioquímica - *Software s* Educacionais" produzidos pelo Prof. Dr. Eduardo Galembeck/Unicamp e pelo professor Dr. Bayardo B. Torres/USP, contem 6

software s: Consumo de oxigênio por mitocôndrias isoladas; Cadeia de Transporte de elétrons; contração muscular; Nutrição; Cinética Enzimática e Radicais Livres. Os *software* s são interativos, apresentam animações e simulações para explicar os conceitos trabalhados; por exemplo, para entender o funcionamento da Cadeia Respiratória o aluno pode interagir com o ambiente, adicionando, ao sistema de transporte de elétrons, diferentes substratos, inibidores ou desacopladores e verificando seus efeitos.

Fotossíntese é um *software* interativo para o ensino de aspectos bioquímicos da fotossíntese de autoria de Rodrigo M. Silveira e Bayardo B. Torres do Departamento de Bioquímica – IQUSP.

A New Educational Software on Affinity Chromatography (MARSON e TORRES, 2003). Este *software* trata dos principais aspectos da técnica de cromatografia de afinidade.

O *software* AMPc – Sinalização Intracelular é um *software* educacional que mostra o mecanismo do sistema de sinalização hormonal via AMPc (YOKAICHIYA et al., 2004).

An Interactive Software for the Study of Protein Structure (SAKABE et al., 2002) A visualização em 3-D de estruturas de proteínas, apresentada neste *software*, facilita a compreensão de muitos tópicos relacionados com a formação de estruturas secundárias e terciárias de proteínas.

Molecular Cell Biology 4,0. (MATSUDAIRA et al., 2000), *Molecular Biology of The Cell* (ALBERTS et al., 2002). A maioria desses produtos, embora utilizando

recursos de multimídia, são *software*s tutoriais, que se caracterizam por transmitir informações pedagogicamente organizadas com exercícios nos quais o próprio computador é capaz de avaliar o resultado, testes do tipo escolha múltipla. Representam um livro animado, com um vídeo interativo, como os CD-ROM's que acompanham livros textos clássicos de Bioquímica como o do Lehninger (2000), o do Devlin (1998) e o Vöet (2000).

Mitocôndria em 3 Atos é um *software* desenvolvido pelo grupo do Prof. De Meiss do Departamento de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. Brasil Universidade Federal do Rio de Janeiro (RANGEL et al., 2002). Apresenta o Ciclo de Krebs, rota metabólica central do metabolismo, que ocorre na mitocôndria das células, ensinado normalmente em classes da ciência, de três maneiras (atos) diferentes: no primeiro ato em um formulário similar àquele usado nos filmes, no segundo ato numa língua didática, como usada nos livros e no terceiro ato apresenta uma vista artística, onde a imagem, a música e o movimento se misturam com o alvo de levantar a emoção. Neste *software* os recursos de multimídia visuais e sonoros são muito bem explorados, mas não apresenta numa possibilidade de interação do usuário.

O *software Computer Simulation of Metabolism: Isotopomers of the Citric Acid Cycle Supplied with 3-13C-Pyruvate* do Department of Horticulture and Landscape Architecture, Purdue University é um *software* interativo que permite simulações com as variações de concentrações dos substratos na rota metabólica e as alterações em termos de concentração dos produtos que acarretam, para o estudo da cinética enzimática.

Atualmente o número de *software* que trata de conteúdos de Bioquímica é muito amplo e dificilmente se conseguiria listar todos, pois a cada dia estão surgindo novos produtos. Entretanto, entre todos os *software* para o ensino de Bioquímica pesquisados, nenhum foi estruturado na forma de um jogo, o que reforça a importância da pesquisa pretendida.

2.3. Jogos em multimídia como ferramentas de ensino

"(...) a nova visão da razão que identifica a existência do não-racional entre o irracional e o racional, postulando um justo lugar para o imaginário, o emocional, os sentimentos, o sensível, as fantasias, o sonho... enfim, para tudo o que constitui a vida psíquica das pessoas, inclusive a ludicidade, pode servir de fiadora da presença do jogo na Educação".

(Fortuna,2000b,p3)

No sentido etimológico a palavra jogo expressa um divertimento, brincadeira, passatempo sujeito a regras que devem ser observadas quando se joga (ANTUNES, 2000). Conforme afirma Fortuna (2000b), brincar é uma atividade, a um só tempo, simples e complexa, pois instiga o homem para a superação do pensamento disjuntivo e segregador, promovendo a construção do saber. "O ato de jogar é tão antigo quanto o próprio homem, na verdade o jogo faz parte da essência de ser dos mamíferos" (PASSERINO, 2002)⁵.

⁵ Documento eletrônico

Jogos, do tipo seqüência lógica, permitem aos estudantes refletir sobre o que eles sabem e o que precisam ainda aprender. São jogos cooperativos, classificados por Fayard (2000) como “à soma variável” em que todos ganham e não como “o jogo à soma constante ou nula” em que o ganho de um protagonista é igual a perda de outro. Supõe-se que no ato de jogar o aluno se motive e se sinta desafiado a completar a seqüência das reações, buscando em bancos de dados a compreensão de conceitos indispensáveis para completar o jogo.

No ensino de Bioquímica, na FFFCMPA, o uso de um jogo de seqüência lógica como estratégia de ensino, vem sendo usado há cerca de 14 anos. Possibilita aos participantes montarem uma seqüência de transformações sofridas pelas substâncias no ser vivo numa determinada rota metabólica em estudo, cria modelos situacionais que permitem guiar as escolhas, reduzir a complexidade do assunto e compreender as inter-relações entre as rotas metabólicas, numa forma gráfica. Esta atividade possibilita ao aluno o desenvolvimento de estratégias cognitivas, para escolher a peça correta. Neste momento, estaria realizando operações mentais de diferenciação e comparação entre as representações dos diversos tipos de compostos que participam da rota metabólica (substratos, enzimas, coenzimas). Além disso, como o jogo possibilita a representação de situações que possam ocorrer dentro da célula (por exemplo, ação de um inibidor na rota metabólica, interrompendo-a), apresenta para o aluno uma relação com a realidade de um problema que pode acontecer semelhante ao apresentado no método de aprendizagem baseada em problemas (PBL),

A informática, como a grande tecnologia de comunicação, informação e lazer, instituída nas últimas décadas, não poderia deixar de desenvolver a área do jogo, tendo sido excepcional o desenvolvimento dos chamados videogames, que alimentam hoje uma indústria milionária. Esse tipo de utilização da tecnologia chegou também à área educacional, cabendo destaque especial a Seymour Papert, pesquisador norte-americano ligado ao Massachusetts Institute of Technology, que desenvolveu a chamada linguagem *Logo*, partindo das idéias de Piaget (que embasam o construtivismo e o interacionismo) de formação dos sistemas cognitivos de assimilação, acomodação e equilíbrio, para desenvolvimento de atividades lúdicas e pedagógicas, com crianças. (PAPERT, 1985)

Os *softwares* educacionais do tipo *jogo*, geralmente, são desenvolvidos com a finalidade de desafiar e motivar o aprendiz. Os jogos, como ferramenta de apoio ao ensino, podem motivar o aprendizado devido à fantasia e à curiosidade. Numa forma divertida os jogos podem ser desenvolvidos de maneira a proporcionar oportunidades de se aprender não só conceitos e conteúdos tradicionais, mas também de desenvolver o pensamento lógico. (BORGES e OLIVEIRA, 2000).

Os jogos educativos computadorizados, ótimas ferramentas de apoio ao professor, podem ser desenvolvidos com duplo objetivo, um deles a diversão e o outro oportunizar a aquisição de conhecimento. (PASSERINO, 2002)

Possibilitar a aquisição do conhecimento brincando implica valorizar um dos atos mais simples da humanidade - o brincar -, em que o homem revela sentimentos íntimos e une-se aos demais superando incalculáveis diferenças porque tem em comum a magia do simbolismo infantil perpetuado na vida adulta. Assim fazendo,

age na direção da construção de uma sociedade mais humana e emancipada (FORTUNA, 2000a).

Piaget (1971) considera que o jogo, ou atividade lúdica, conduz a ação à representação, uma vez que evolui do exercício sensório-motor para uma segunda forma de jogo, simbólico, ou jogo da imaginação. No jogo da imaginação, a atividade lúdica do indivíduo é a própria fonte da formação de símbolos, independentemente de regras ou limitações, embora estes símbolos constituam um universo de significados das vivências do indivíduo. Este tipo de jogo representa um estágio diferente do simples processo de imitação, no qual predominaria, segundo Piaget, a atividade mental de acomodação. No jogo, seria a assimilação que predomina sobre a acomodação, porque o objeto assimilado não teria relação objetiva com esquemas mentais anteriores, representando apenas uma evocação de tais esquemas. “Em suma, no símbolo lúdico, a imitação não diz respeito ao objeto presente, e sim ao objeto ausente, que se faz mister evocar e desse modo a acomodação imitativa mantém-se subordinada à assimilação.” (PIAGET, 1971. p136).

Segundo Piaget (1971) imitação (ato pelo qual o modelo é reproduzido) e jogo (exercícios lúdicos) unir-se-ão somente no nível da representação. No desenvolvimento da criança, os exercícios lúdicos se desenvolvem através de uma série de fases. Na primeira fase, a das adaptações reflexas, “o jogo é um pré-exercício de instintos essenciais” (GROOS apud PIAGET 1971, p118). Na segunda fase, o jogo já parece duplicar uma parte das condutas adaptativas, por exemplo os

jogos da voz quando das primeiras *lalações*⁶, os movimentos da cabeça e das mãos acompanhados de sorrisos de divertimento, podem pertencer a uma atividade lúdica. Ainda não há uma relação direta entre o prazer do ato lúdico e alguma finalidade específica relacionada à ação.

A diferenciação entre o jogo e a assimilação intelectual começa a ficar mais nítida na terceira fase, das reações circulares secundárias, ou seja, da identificação do que seria o prazer das causas e conseqüências relacionadas à ação lúdica, que já não se refere apenas ao próprio corpo da criança.

A fase de coordenação dos esquemas secundários, quarta fase, se caracteriza por condutas que se prolongam em manifestações lúdicas, uma vez que elas são executadas por pura assimilação, pelo prazer de agir e sem o esforço de adaptação, tendo em vista atingir uma finalidade determinada. Nesta fase o sujeito passa de um esquema a outro, aplicando esquemas conhecidos a situações novas e assegurando-se dos esquemas sem qualquer esforço de adaptação (por prazer).

Na quinta fase – fase da transição entre as condutas da fase IV e o símbolo lúdico da fase VI – a criança executa uma atividade lúdica ao combinar gestos habituais com outros, sem relações entre si, e sem tentar realmente experimentar, para em seguida repetir esses gestos ritualmente e com eles fazer um jogo de combinações motoras. Na sexta fase “o esquema lúdico se desliga do ritual, sob a forma de *esquemas simbólicos*, graças a um progresso decisivo no sentido da representação” (PIAGET, 1971, p.125).

⁶ LALAÇÃO significa balbúcio lúdico-infantil, preparatório ao uso correto da palavra, caracterizado pela repetição indefinida que a criança faz – pelo prazer de fazê-la - de ruídos e fenômenos diversos, que percebe sua viziança imediata, ou espontaneamente emite. (HOUAISS, VILLAR, FRANCO, 2004)

O ato de jogar para Piaget consiste numa assimilação funcional decorrente das ações individuais aprendidas que geram um sentimento de prazer pela ação lúdica em si e pelo domínio sobre essas. Piaget definiu quatro categorias de jogos, característicos das fases relatadas anteriormente. Os jogos de imaginação reproduzem o vivido, mas por representações simbólicas, os jogos de exercício reproduzem por assimilação funcional cada uma das novas aquisições do sujeito, caracterizam as fases I a V; o jogo simbólico aparece na fase VI e uma das funções pode ser liquidar uma situação desagradável revivendo-a com uma criação imaginária, assimilando o real ao eu, libertando este das necessidades de acomodação. E por último, os jogos com regras, característicos das relações sociais ou inter-individuais presentes também no indivíduo adulto (PIAGET,1971).

Segundo Piaget (1971), o jogo de regras marca o enfraquecimento do jogo infantil e a passagem ao jogo adulto, que é a atividade lúdica do ser socializado. O jogo é uma atividade que apresenta uma assimilação do real ao eu, que equilibra o processo assimilador com uma acomodação aos outros e às coisas. No pensamento científico, a experiência é a acomodação ao real e a assimilação é a incorporação dos objetos aos esquemas lógicos matemáticos.

Ao jogar o aluno estará agindo sobre o objeto de aprendizagem, realizando uma experiência física e descobrindo as relações e propriedades destes objetos. A coordenação de suas ações sobre os objetos e a tomada de consciência dessa coordenação é resultado da experiência lógico-matemática que permite ações do tipo seriação, classificação. A experiência física é condição para o surgimento da experiência lógico-matemática (FARIA,1989)

Supõe-se que o jogo de seqüência lógica, proposto neste trabalho, se enquadre na categoria de jogos de regras, direcionado a adultos. Onde a ação de montar uma rota metabólica viabiliza uma assimilação do real (transformações que ocorrem na célula) por meio de representação dos compostos de uma maneira lúdica. Ao completar o jogo de seqüência lógica que representa a rota metabólica o aluno, além do prazer que sente, possivelmente, estaria construindo estruturas cognitivas e consolidando esquemas mentais já formados. Esta idéia relaciona-se aos conceitos de Piaget: “(..)as estruturas cognitivas são inventadas a partir de ações(..). Os objetos colaboram na invenção das estruturas mentais, enquanto são manipulados, reunidos, seriados, etc” (Faria, 1989 p13).

Para Fernandez (1990), o saber, ou seja, fazer próprio o conhecimento do outro, é o ponto comum entre jogar e aprender.

Segundo Rizzo (1996), o processo da construção do conhecimento é sempre resultante da coordenação de ações realizadas com o sentido de buscar formas e esquemas de adaptação a problemas gerado pelo meio ambiente. Neste sentido, o jogo facilita a compreensão dos conceitos e os aproxima da realidade através de uma aplicação prática. Por outro lado, conforme o mesmo autor, o jogo motiva e por isso é um instrumento muito poderoso na estimulação da construção de esquemas de raciocínio.

Considera-se como uma das funções do educador gerar necessidades de ação em seu aluno, para que ele consiga ter sucesso na resolução de problemas. E os jogos, como uma forma de atividade inerente ao ser humano, são ideais para se atingir este objetivo (ALMEIDA, 1990).

Segundo Falkembach (2001), a elaboração de um *courseware* (*software* educacional) instrucional, do *tipo jogos educacionais*, representa a formação de conteúdos e atividades práticas, baseados no lazer e diversão. A motivação do aprendiz acontece, neste tipo de *software* estimulante, como consequência da abordagem pedagógica adotada que utiliza a exploração livre e o lúdico. A atividade de jogar é uma alternativa de realização pessoal que possibilita a expressão de sentimentos, de emoção e propicia a aprendizagem de comportamentos adequados. Os jogos educacionais aumentam a possibilidade de aprendizagem além de auxiliar na construção da autoconfiança e incrementar a motivação no contexto da aprendizagem. De acordo com Silveira e Baron (1998) os jogos computadorizados, além de divertir os alunos, prendem a atenção, auxiliando o aprendizado.

A forma adequada de utilização de um *courseware* bem projetado beneficiará o aluno, permitindo ao mesmo: determinar o seu grau de conhecimento prévio sobre o conteúdo e com isto otimizar o tempo gasto; trabalhar os conteúdos, segundo suas necessidades e perfil; auxiliar no desenvolvimento de habilidades de trabalho em grupo; facilitar a transferência da aprendizagem para novas situações.

Os jogos educacionais usam a multimídia para despertar o interesse e atenção do aluno. A informação multimídia desperta a atuação dos diversos sentidos ao mesmo tempo, oferecendo um maior poder de assimilação e, se usada com fins pedagógicos, melhora aprendizagem.

A multimídia, utilizada nos jogos, explora os efeitos visuais e sonoros que mantêm o interesse e entusiasmo, possuem grande capacidade interativa e incorporam estratégias cognitivas que motivam, envolvem e capturam a atenção de

maneira lúdica e prazerosa por maior intervalo de tempo. Os jogos educacionais são mais difíceis de projetar e como exercício podem ser adotados por qualquer conteúdo que requeira prática repetitiva. Para garantir a eficiência de um *courseware* instrucional como auxiliar didático é preciso que o professor determine quando usar este recurso e que tipo deve ser usado para que os objetivos do processo de ensino e aprendizagem sejam alcançados.

Vários jogos educacionais são encontrados na rede ou no comércio, tanto para o ensino fundamental quanto para ensino médio e poucos para o ensino superior, abordando vários conteúdos, especialmente matemática, linguagem e línguas.

Alguns exemplos destes materiais são:

O *Revision Bingo* – é um jogo de bingo, no qual a cartela possui no lugar dos números palavras cujo significado respondem as questões solicitadas e o aluno vai preenchendo conforme seus conhecimentos. Este jogo é apresentado por Willmott, (2001) do Departamento de Bioquímica da Universidade de Leicester como uma ferramenta para revisão de conteúdos.

O *Microvilões* – é um jogo de cartas ilustrado onde as crianças aprendem a prevenir doenças, foi idealizado pela professora Maria Lígia Coutinho Carvalhal, do Departamento de Microbiologia do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da USP. O jogo permite ao professor trabalhar conceitos de higiene, poluição, vacinação e saneamento, além de auxiliar na conscientização dos alunos sobre a importância do exercício da cidadania.

A Profa. Maria Lígia Coutinho Carvalhal participou da produção de outros jogos: “Micromundo, um jogo de senha” (BERTO, CONSTANT PIRES, CARVALHAL, 1999). “Microligue, o jogo das associações” (SOUZA, CARVALHAL, CARVALHAL, 2002). “MicroWar”, o jogo da biodiversidade.(MACHADO e CARVALHAL, 2001). “Viajando com o Sr. Mutans, o jogo da cárie” (CORREIA e CARVALHAL, 2002). “Construindo a parede bacteriana”. (CARVALHAL, BARBOSA, RACZ, 1998) e “A Viagem do átomo do Nitrogênio” (CORDS et al., 1996).

Para o ensino de Química de segundo grau, pode se citar dois *software s* distribuídos pela Shareware. O QuebraQuip - Quebra Cabeça de Química, que é um jogo com diversas estruturas de compostos químicos, em vários níveis de dificuldade. Este jogo também possui, entre outras opções, textos referentes aos compostos, além de possuir quebra - cabeças com figuras diversas. E o QuipQuadro – Quadro Periódica dos elementos, que apresenta a dos elementos químicos, com diversos recursos, tais como: dados físico-químicos, histórico, aplicações e fontes de obtenção dos elementos químicos, além de outros recursos.

O Dr Sabe tudo - é um jogo de perguntas e respostas sobre Conhecimentos Gerais, em que até cinco jogadores podem jogar ao mesmo tempo, apresenta 6 tipos de ajuda disponíveis. Ocorre competição entre os participantes e os grandes campeões do jogo ficam constando no Hall da Fama⁷.

Considerando-se, portanto, as novas necessidades do ensino, as características específicas do ensino de Bioquímica e o potencial dos recursos de informática, decidiu-se pesquisar soluções tecnológicas e metodológicas para suprir

algumas dessas lacunas, com saldo positivo à melhoria da qualidade do ensino dessas áreas. A seguir, descreve-se a solução pesquisada.

“Só a especulação ousada pode nos levar adiante, e não o acúmulo de fatos”.

Albert Einstein

2.4. Justificativa do projeto de pesquisa

Como foi relatado anteriormente, o desenvolvimento da informática e o fato das informações aumentarem a cada dia e a todo o momento em razão exponencial, provocou uma necessidade de mudança no ensino, inclusive no ensino superior e mais especificamente no ensino de Bioquímica. O modelo denominado *conteudista* (MARSON, 2003), se preocupa com a quantidade e qualidade da informação e já não pode coexistir com o aumento do volume de informação, incompatível com a capacidade de assimilação curricular das instituições de ensino superior. O aluno, com este modelo, poderá no final de seu curso de graduação ter recebido informações insuficientes e até obsoletas, o que enfatiza a necessidade de adequação do ensino frente a esse quadro. Além disso, um ponto importante para a preparação dos atuais profissionais será ensinar ao aluno a aprender por si mesmo. A proposta que visa atingir todos estes objetivos é a integração de tecnologia e modelo pedagógico que desenvolvam no aluno habilidades no uso de equipamentos tecnológicos, fato que justifica a realização deste projeto.

Os recursos computacionais poderão facilitar a interatividade do aluno com um conteúdo, a inter-relação com os colegas, a pesquisa em bancos de dados pré-

⁷ No endereço <http://www.calypsoinformatica.kit.net/sabetudo.html> é possível fazer o *download*

estruturados ou na Internet, além de outras possibilidades. O ambiente virtual gerado pelo professor deverá permitir ao aluno a construção autônoma do conhecimento, através de ações práticas e efetivas sobre o conteúdo que está sendo disponibilizado, seja através da pesquisa ou da resolução dos desafios lançados pelo ambiente. Com auxílio da informática, o professor poderá ter mais possibilidades de monitorar e respeitar o ritmo e as diferenças individuais, com o auxílio das ferramentas disponíveis no ambiente, podendo tomar decisões para acelerar ou retardar o acesso aos conteúdos. Com isso, o professor será não apenas a fonte de informações, mas o mediador da relação entre o aluno e o conhecimento, possibilitando que seja o próprio aluno o gerador de seu conhecimento, participando ativamente do processo de construção da solução de problemas.

No Brasil, iniciativas à produção e avaliação de *software*s educacionais para o ensino superior não são, até o presente momento, significativas. No mercado internacional, os *software*s, em sua maioria, possuem uma concepção *behaviorista* de aprendizagem (OLIVEIRA, COSTA, MOREIRA, 2001), o que significa que prioriza a exposição do conteúdo e não o desafio ao aluno visando a sua própria construção do conhecimento.

3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

“A Ciência é talvez a única atividade humana em que os erros são sistematicamente criticados e, com o tempo corrigidos”.

Karl Popper

Constitui o problema desta pesquisa integrar o ensino de Bioquímica com as novas tecnologias de comunicação e informação, através do desenvolvimento de um *software* capaz de integrar conteúdos a atividades visuais, lúdicas e interativas, de forma a estruturar um processo pedagógico baseado na teoria construtivista.

Complementa a pesquisa o exame de múltiplos instrumentos de monitoramento e avaliação do aluno e da ferramenta tecnológica, visando a sugestão de uma estratégia de avaliação compatível com a tecnologia utilizada e o modelo pedagógico proposto.

3.1. Questões para a pesquisa:

- a) Como a informática pode contribuir para facilitar a visualização e compreensão de conceitos, no estudo de Bioquímica?
- b) Jogos podem ser uma boa estratégia de ensino de Bioquímica?

- c) Os recursos computacionais podem ajudar os alunos na aprendizagem de Bioquímica?
- d) Quais as dificuldades de natureza técnica e pedagógica relacionadas à construção de um *software* educacional nesta área, na forma de jogo, tomando-se por base a existência de uma versão convencional do jogo, (o jogo de tabuleiro Diagrama Metabólico Dinâmico já testado na Disciplina de Bioquímica da FFFCMPA) em um *software* (*courseware*) educacional?
- e) Quais as etapas devem ser seguidas para a construção de um *software* educacional de Bioquímica?
- f) Que programa de computação poderá ser usado para a construção do *software* que atenda as necessidades em um jogo de seqüência lógica.
- g) Quais atividades podem ser propostas no *software* que despertem o interesse dos alunos e respeitem o seu ritmo de aprendizagem?
- h) Como comprovar a validade da aplicação do *software* no ensino?
- i) Quais as vantagens e desvantagens de uso de mapa conceitual como instrumento de avaliação da aprendizagem com uso de *software*?

3.2. Hipóteses

- I) O uso de um *software* educacional para o ensino de Bioquímica pode contribuir para o aprendizado das transformações que ocorrem no ser vivo e que não são possíveis de serem visualizadas pelo aluno.
- II) A possibilidade de o aluno interagir num ambiente informatizado, conforme seu ritmo, perfil e interesse, potencializa a aprendizagem das rotas metabólicas.
- III) O jogo de seqüência lógica no computador desperta o interesse do aluno e estimula o estudo.
- IV) O mapa conceitual é instrumento eficiente de avaliação da aprendizagem do aluno.
- V) A análise textual qualitativa das respostas aos questionários é instrumento eficiente para avaliação da satisfação do usuário com o uso do *software* educacional.

3.4. Delimitação do Estudo

O estudo foi feito com base na pesquisa sobre metodologias de ensino capazes de integrar os recursos informatizados (interatividade, apoio ao aprendizado autônomo, visualização, acesso a bancos de informação, etc.) com as estratégias pedagógicas interacionistas (favorecimento à ação do aluno sobre o objeto de

estudo, atendendo a desafios e exercitando o compartilhamento entre colegas e com o professor).

A partir do estudo de teorias pedagógicas e da experiência em aulas com os alunos do curso de medicina da FFFCMPA foi realizado um estudo exploratório sobre a potencialidade do uso de tecnologias para o ensino de Bioquímica, que despertasse o interesse no aluno, prendesse sua atenção, facilitasse raciocínio e a formalização de procedimentos, necessários à construção e entendimento de uma rota metabólica. Constatou-se, então, a possibilidade de criação de um *software* educacional do tipo jogo, inspirado no método de ensino desenvolvido e utilizado, na disciplina de Bioquímica da FFFCMPA, desde 1991 (SIQUEIRA, REMIÃO, AZEVEDO, 1992). Esse método é um jogo de seqüência lógica, cuja aplicação reduziu em 16% os índices de reprovação nessa disciplina (AZEVEDO et al, 2002).

Após o estudo teórico e do estado da arte, foi feito um planejamento para a construção do ambiente, considerando além do funcionamento da aplicação, os mecanismos pedagógicos e didáticos que constituem a base de toda a aplicação de ensino e de aprendizagem. Durante o desenvolvimento do produto, foram sendo feitos testes para verificar os aspectos técnicos, navegabilidade e acessibilidade do produto e aplicação com alunos de graduação, matriculados na disciplina de Bioquímica para verificar se o ambiente potencializou o aprendizado deste conteúdo e validar o *software*.

O *software* educacional (*courseware*) do tipo jogo, desenvolvido, na primeira versão foi denominado Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual (DMDV) e continha somente a rota metabólica do Ciclo de Krebs. Atualizações foram feitas até se

chegar a versão atual, contendo, além do Ciclo de Krebs, todas as rotas do Metabolismo de Glicídios. O produto final foi denominado de e-Metabolismo: Glicídios e o nome Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual, mais corretamente, ficou reservado apenas para denominar o jogo de seqüência lógica, atividade interativa do ambiente.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

“...A beleza, como a verdade, só vale quando recriada pelo sujeito que a conquista.”

Piaget

4.1. Sobre o construtivismo

O termo *construtivismo* será usado neste trabalho segundo o conceito apresentado por Becker (1994), que o descreve como uma prática pedagógica relacional baseada na interação⁸ do sujeito com o objeto, sendo função do professor apoiar a construção do conhecimento pelo próprio aluno. Esta idéia tem por base a Epistemologia Genética de Piaget, que se ocupou fundamentalmente do sujeito epistêmico, ou seja, de problemas ligados à inteligência e à forma como os seres humanos constroem o conhecimento. Piaget traçou paralelos entre a Biologia e a Psicologia e mostrou que a inteligência é uma adaptação do ser humano. Segundo ele, a vida é uma criação contínua de formas cada vez mais complexas e um equilíbrio progressivo entre essas formas e o meio (PIAGET, 1978).

Dizer que a inteligência é um caso particular de adaptação biológica é supor que se trata, essencialmente, de uma organização, e que sua função consiste em estruturar o universo da mesma forma que o organismo estrutura o meio imediato. A inteligência não cria organismos novos, mas constrói mentalmente estruturas

⁸ Para Piaget, interação é um processo complexo de trocas e significações a partir do qual sujeito e objeto se transformam (PIAGET, 1973)

suscetíveis a aplicar-se às estruturas do meio. Ela constitui uma atividade organizadora cujo funcionamento prolonga o da organização biológica e o supera, graças à elaboração de novas estruturas (PIAGET,1978).

4.1.1. Fatores de Desenvolvimento para Piaget

Segundo Piaget, as estruturas cognitivas não estão pré-formadas dentro do indivíduo, são totalmente construídas. Ao longo de toda a vida, ocorre uma construção contínua de estruturas cognitivas, que são flexíveis e sujeitas a alterações pela interação do sujeito com o meio que o cerca. Piaget (1978) estabelece diferença entre o problema do desenvolvimento em geral e o problema da aprendizagem. O desenvolvimento do conhecimento é um processo espontâneo, ligado ao processo global da embriogênese, relacionado ao desenvolvimento do sistema nervoso e das funções mentais, enquanto que aprendizagem é provocada por situações, processo não espontâneo, limitado a um problema simples ou a uma estrutura simples. O desenvolvimento explica a aprendizagem e cada elemento da aprendizagem ocorre como uma função do desenvolvimento total. “Aprender é proceder a uma síntese indefinidamente renovada entre a continuidade e a novidade” (INHELDER, BOREL, SINCLAIR, p263).

A idéia de *operação* é necessária e central para compreender o desenvolvimento do conhecimento. Conhecer um objeto não é simplesmente olhar e fazer uma cópia mental dele, mas é modificá-lo, transformá-lo e compreender o modo como o objeto é construído. Esta foi a idéia básica que motivou a escolha

deste referencial teórico para fundamentar a produção do *software e-Metabolismo: Glicídios*. Ao desafiar o aluno a completar o DMDV (jogo de seqüência lógica), que representa a rota metabólica, o aluno estará interagindo com o objeto de estudo, modificando-o, transformando-o e construindo seu conhecimento, compreendendo as transformações que ocorrem na rota metabólica.

Em sua teoria sobre os processos de equilibração das estruturas cognitivas e com base em observação empírica do aprendizado de crianças em várias faixas etárias, Piaget (1976) postulou que todo o esquema de assimilação exige uma atividade do sujeito, que o leve a incorporar elementos exteriores e compatíveis com a natureza do conhecimento em pauta (o objeto de aprendizagem). Esses elementos exteriores, que são internalizados (assimilação), são simultaneamente modificados pelo sujeito (acomodação), promovendo dentro deste um enriquecimento da compreensão (esquema de assimilação).

Para elaborar a teoria da equilibração, Piaget (1976, pg 14) recorre a dois postulados e o primeiro diz que: “Todo o esquema de assimilação tende a alimentar-se, isto é, incorporar elementos que lhe são exteriores e compatíveis com a sua natureza”. O segundo postulado é: “todo o esquema de assimilação é obrigado a se acomodar aos elementos que assimila, isto é, a se modificar em função de suas particularidades, mas, sem com isso, perder sua continuidade”.

Com o primeiro postulado, Piaget considera como necessária a atividade do sujeito que, em tese, poderia assimilar todo o universo sem modificá-lo nem enriquecer-se em compreensão. Mas este processo de assimilação não existe sem o

outro – de acomodação, gerando a necessidade de um equilíbrio permanente entre a assimilação e a acomodação.

A adaptação das novas estruturas cognitivas aos conhecimentos que o indivíduo já possui, segundo Piaget (1978), é um processo de *equilibração* entre a *assimilação* e a *acomodação de novos conhecimentos*. Esse processo mental é equivalente ao processo biológico: o organismo vivo é um ciclo de processos dinâmicos de assimilação de nutrientes, que vão sofrendo transformações dentro do organismo, para manter a homeostasia (constância do meio intracelular, essencial para a saúde. MURRAY,2000). A assimilação é necessária, para que ocorram as transformações, tanto do ponto de vista físico, biológico como intelectual. A acomodação se torna necessária para ajustar os novos dados incorporados aos esquemas anteriores no processo de assimilação, produzindo a adaptação. Cada esquema é coordenado com os demais e constitui, ele próprio, uma totalidade formada de partes diferenciadas.

“A inteligência é assimilação, na medida em que incorpora nos seus quadros todo e qualquer dado da experiência. Quer se trate do pensamento, que graças ao juízo faz ingressar o novo no conhecido e reduz assim o universo às suas noções próprias, quer se trate da inteligência sensório motora que estrutura as coisas percebidas, integrando-as nos seus esquemas”.

(PIAGET,1978 p 17).

A organização dos novos conhecimentos é um processo interno, que por sua vez, é inseparável da adaptação, a parte externa desse ciclo de construção. É adaptando-se às coisas (assimilando e acomodando novos conhecimentos) que o

sujeito aprende e que o seu *pensamento se organiza*. E é organizando-se que o sujeito estrutura as novas informações (PIAGET, 1978). A forma como o sujeito vai adaptar e organizar as novas estruturas cognitivas vai depender do contexto de vida do sujeito, de seus interesses, de suas experiências prévias, de suas necessidades, de seu grau de maturidade, etc. Esses serão os condicionantes da formação dos novos esquemas, os quais, inevitavelmente, ocorrerão sempre, ao longo de toda a vida do indivíduo, através da coordenação de ações as assimilações.

Para explicar o desenvolvimento de um conjunto de estruturas cognitivas para outras, Piaget (1991) considera quatro fatores principais: a *maturação*, continuação da embriogênese; o segundo tem relação com a *experiência* de objetos, da realidade física, experiência lógico-matemática, onde as ações efetuadas sobre os objetos possibilita a construção do conhecimento; o terceiro, a *transmissão social* em sentido amplo, representado pela educação, transmissão por linguagem; e o quarto, considerado o fator principal é a *equilíbrio* ou auto-regulação. Os três primeiros fatores são básicos (necessários), mas são, por si sós, insuficientes para explicar o desenvolvimento das estruturas cognitivas. O fator de equilíbrio é o fundamental, para Piaget, pois uma vez que já existem os três fatores anteriores, estes devem estar equilibrados. Além disso, ao defrontar-se com uma perturbação externa o sujeito reagirá com o fim de compensar e equilibrar novamente. Essa compensação ativa leva a reversibilidade operacional, que é um modelo de um sistema equilibrado, onde a transformação em um sentido é compensada por uma transformação em outro.

Piaget (1976) considera três formas de equilibração: a primeira, em função da interação inicial entre sujeitos e objetos. Ocorre entre a assimilação do sujeito a esquemas de ações e a acomodação destes esquemas aos objetos. Neste caso, há um começo de conservação mútua, o objeto provoca a ação e o esquema de assimilação confere significado ao objeto transformando-o. O segundo tipo de equilibração é a decorrente de interações entre os subsistemas. Estes se constroem em velocidades diferentes e provocam desequilíbrios que necessitam de uma equilibração. A acomodação dos esquemas à realidade exterior está sujeita à interferência de múltiplos obstáculos inesperados. Devido à resistência dos objetos, a assimilação recíproca dos subsistemas válidos conduzirá a uma conservação mútua.

Piaget (1976) considera ainda um terceiro tipo de equilibração que é o equilíbrio progressivo da diferenciação e da integração, o qual é conseqüência das relações que unem subsistemas a uma totalidade, considerando, neste caso, a conservação mútua do todo e das partes, acrescentando uma hierarquia às simples relações entre colaterais. “A integração em um todo é tarefa da assimilação e a diferenciação exige acomodações” (PIAGET, 1976, pg 16).

Nas situações concretas das interações entre o sujeito e os objetos, para explicar o funcionamento da equilibração deve-se considerar a equilibração dos observáveis e das coordenações. “Um observável é aquilo que a experiência permite constatar por uma leitura imediata dos fatos por si mesmos evidentes, enquanto que uma coordenação comporta inferências necessárias e ultrapassa, assim, a fronteira dos observáveis” (PIAGET, 1976, pg 46). Os observáveis distinguem-se das

coordenações somente nos níveis em que o sujeito é capaz de fazer uma observação objetiva (e não por características perceptivas) e de inferências logicamente válidas. Piaget definiu os observáveis pelo o que o sujeito crê constatar (o que sua experiência permite constatar – assimilação) e não simplesmente pelo que é constatável e dividiu-os em observáveis constatados pela ação do sujeito e os registrados no objeto, sendo a *equilibração* própria de um nível o reflexo dos observáveis do objeto sobre os da ação do sujeito. Em relação às coordenações, para Piaget elas devem ser caracterizadas pelas inferências, implícitas ou explícitas, que o sujeito considera ou utiliza. A modificação que o sujeito introduz nos objetos causará ou tratará de uma “coordenação entre ações ou operações do sujeito e não entre objetos, embora a leitura dos resultados se efetue sobre os objetos, mas na medida em que as operações em jogo lhe são aplicadas (abstração pseudo-empírica)” (PIAGET, 1976, pg 49). Sugere-se que as interações elementares e as equilibrações aconteçam no uso do *software e-Metabolismo: Glicídios*, Nesse caso (proposta interacionista), o primeiro contato do aluno com a interface do jogo, na forma de um tabuleiro poderia caracterizar um primeiro elemento “observável relativo ao objeto”, segundo o conceito definido por Piaget (1976), enquanto que a primeira ação do aluno em relação ao jogo será equivalente a um “observável relativo à ação”. O primeiro (observável relativo ao objeto) refere-se ao reconhecimento das informações dispostas no tabuleiro, segundo concepções prévias do aluno em relação àquele conhecimento (esquemas mentais prévios). Ao fazer isso, nesse ambiente, que está composto para desafiar à ação, o aluno estará, em um primeiro momento, interferindo mecanicamente com o objeto, representando sua tentativa de agregar um novo conhecimento (função do observável relativo à ação), poderá estar

realizando abstrações pseudo-empíricas que o conduzirá a reflexões e coordenações e por conseqüência a abstrações reflexionantes, ou seja, diferenciação de um esquema de coordenações para aplicá-lo de maneira nova. Ao arrastar as peças, com o objetivo de montar a seqüência lógica da reação (o jogo), estará realizando um processo que poderia ser considerado a manifestação comportamental representativa, portanto, observável de coordenações do sujeito: “coordenação que recai sobre as propriedades momentâneas do objeto, mas neles introduzidas pelo sujeito” (PIAGET, 1976, p. 48). Nesse caso, ainda com base na mesma idéia proposta por Piaget, deverá se tratar de uma “coordenação entre ações ou operações do sujeito e não entre objetos” (PIAGET, 1976, p.48).

Ao construir a rota metabólica, o aluno não estará simplesmente interagindo com o objeto, mas relacionando seus próprios observáveis às suas ações sobre o objeto. Seguindo-se a mesma interpretação da teoria de Piaget, sugere-se que o aluno estará realizando um tipo de interação característica das formas lógico-matemáticas, nas quais irá, primeiramente, realizar atividades ou operações de seriação e correspondência. O passo seguinte implicará uma aplicação do resultado de sua operação anterior ao objeto, impondo a este uma nova forma (encadeamento de relações e classificação). Poderá haver, a seguir, o que seria a resistência dos objetos a se deixar modificar, a qual, nesse caso, ocorre quando o sistema recusa a peça escolhida pelo aluno, que não corresponde ao lugar correto na rota metabólica (tabuleiro).

O resultado final do jogo seria a forma característica descrita no processo de Piaget, qual seja, a nova forma do objeto enriquecido pela ação do sujeito,

representado por completar o jogo de seqüência lógica, completando a rota metabólica. Assim, não se perdem as modificações do objeto feitas pelo sujeito e, ao mesmo tempo, mantêm-se as novas formas construídas, que enriquecem seu conhecimento. Interações deste tipo exprimiriam a forma mais simples da equilibração, que se estabelece entre assimilação de informações novas a um esquema mental prévio, e a respectiva acomodação do sistema, supondo-se que o sujeito possa ter acesso a elementos compatíveis com os níveis concreto, operatório, formal e hipotético-dedutivo, todos eles presentes, em variados momentos ao longo do jogo.

No presente trabalho, o desenvolvimento do *software* foi direcionado a usuários de curso superior, os quais, supostamente, teriam atingido o nível mais avançado de capacidade cognitiva, segundo a descrição de Piaget, que será apresentada a seguir.

Para Piaget, o conhecimento tem início quando o recém-nascido, por meio de seus reflexos, que fazem parte de sua bagagem hereditária, age assimilando alguma coisa do meio físico ou social. Ele se dedicou a estudar, a partir das estruturas iniciais do recém-nascido as sucessivas estruturações, discernindo um conjunto de etapas características, chamadas estágios ou níveis de conhecimento. Aos estágios correspondem estruturas de diferentes (e crescentes) graus de complexidade que, em cada estágio, as estruturas são constituídas por novos esquemas de atividades cognitivas (KESSELRING,1990). Essa divisão em estágios não é arbitrária, mas corresponde a critérios bem definidos. A seqüência dos estágios seria fixa para cada indivíduo, mas poderia ocorrer em idades diferentes. Admite-se hoje que nem todos

os sujeitos atingem os estágios mais avançados propostos por Piaget. (DOLLE, 1995).

Na idade de cerca de um ano e meio a criança atinge o segundo estágio, chamado de inteligência simbólica ou pré-operatória, quando aparece a função simbólica. A inteligência que se desenvolveu no plano sensório motor atinge o plano da representação e imaginação, da ação fisicamente não visível. A criança aprende a falar, imaginar, fazer jogos simbólicos e assim por diante.

O nível três é o das operações concretas. Começa o pensamento lógico, estritamente ligado à realidade física. Neste estágio, abrem-se novos horizontes, surge a linguagem escrita, o mundo dos números e da lógica. A criança é capaz de coordenar as direções espaciais subjetivas em posições diferentes; conversar de maneira não egocêntrica: pôr-se na situação de outrem sem perder de vista a própria perspectiva pessoal; distinguir diferenças, no plano psicológico, existente entre ela e outra pessoa; coordenar as duas relações: intenção-ação e ação-conseqüência.

Por volta dos 12 anos a criança inicia o quarto nível, que Piaget chama de Operações Formais. O raciocínio, antes concreto, torna-se abstrato: Raciocínio hipotético e dedutivo, que inicia por hipóteses e procede segundo regras lógicas. O pensamento emancipa-se da presença do material concreto. Com a reflexão sobre o esquema da proporcionalidade abre-se o universo matemático das funções lineares, e com a reflexão das funções abre-se o universo do cálculo diferencial e integral.

Os estágios possuem um caráter interativo. O conteúdo do conhecimento de um dado nível é constituído pelas formas refletidas do nível anterior. Assim as estruturas sensório-motoras são parte integrante das estruturas pré-operatórias, e estas das operatórias que, por sua vez integra-se nas operações formais. Em cada estágio ocorre um patamar de equilíbrio e os estágios constituem um processo de equilibrações sucessivas. “A partir do instante em que o equilíbrio é atingido num ponto, a estrutura integra-se num novo equilíbrio em formação até ser alcançado novo equilíbrio, sempre mais estável e de campo sempre mais extenso” (PIAGET, 1973, p.65).

4.1.2. Abstração empírica e reflexionante

Também é considerado nesta tese o conceito de abstração, conforme foi proposto por Piaget. Supõe-se que a atividade do aluno, ao operar um *software* interativo, desenvolvido com base em um modelo pedagógico interacionista, deve envolver abstração de várias naturezas, empírica e reflexionante, conceitos que serão apresentados a seguir.

Um aspecto importante do trabalho de Piaget (1995) refere-se ao papel da abstração na construção do conhecimento. Abstrair, segundo ele, não equivale a pensamento não concreto, mas significa separar o que é relevante, destacar algo do seu ambiente. Piaget destaca dois tipos de abstração: a empírica e a reflexionante. Abstração empírica tem relação com o conhecimento adquirido diretamente dos objetos, o que pode ser observado pelos sentidos (percepção). Ela dá origem ao que

seria um esquema do existente, mas não se transforma em operações mentais. Trata-se de uma mera assimilação de dados e adequação às estruturas mentais já existentes, para fins de reconhecimento. Uma palavra ou conceito é simplesmente reconhecida pelo sujeito, que já possui um esquema mental prévio relativo àquele termo. Não há, entretanto, nenhum acréscimo de conhecimento, neste momento. Caracteriza o aspecto estático do conhecimento.

No *software* planejado, este tipo de abstração, de natureza puramente empírica, é compatível com a etapa de reconhecimento da interface de acesso ao tabuleiro do jogo, onde o aluno deverá reconhecer o acervo de peças que está disponível, cada uma delas contendo uma fórmula química ou o nome da substância que integra a rota metabólica representada no tabuleiro. Supõe-se, assim, que o aluno deverá acionar seus esquemas mentais prévios (conhecimento anterior dos conteúdos que constituem pré-requisito da disciplina), para iniciar o que deverá ser a sua ação prática sobre o conteúdo, a uma etapa mais dinâmica do processo de construção do conhecimento.

O aspecto dinâmico do conhecimento é representado pela abstração reflexionante, que consiste em extrair as estruturas do pensamento, os esquemas assimiladores e seu funcionamento específico. Constitui a própria organização das estruturas mentais tendo em vista a acomodação. O processo de abstração reflexionante envolve criação de novidades, diferenciação de um esquema de coordenações para aplicá-lo de maneira nova e consiste em dois momentos, reflexionamento e reflexão. O reflexionamento seria a projeção de um conhecimento em um patamar (nível de complexidade) superior, enquanto a reflexão

corresponderia ao processo mental de reconstrução e reorganização do conhecimento transferido do patamar inferior (BECKER,1993).

Uma variedade da abstração reflexionante é a abstração refletida, um processo endógeno que sustenta a formação de novos conhecimentos, acarretando uma tomada de consciência (Piaget, 1995). Esta tomada de consciência é resultado do desenvolvimento de estruturas lógico-matemáticas, que acontece quando o sujeito, ao agir sobre os objetos faz uma abstração refletida ao extrair sua informação das propriedades das ações que exerce sobre os objetos (BECKER, 1997).

Ao usar o *software*, supõe-se que o aluno deverá processar algum nível de abstração reflexionante quando relacionar o conhecimento prévio da estrutura do composto (que já reconheceu no momento anterior) com as suas propriedades, ou seja, vai integrar aquele conhecimento à função que o composto desempenha, no conjunto da rota metabólica, a partir das suas especificidades (a peça *acetila-CoA*, por exemplo, ao ser arrastada pelo aluno em direção ao seu lugar no tabuleiro, deixa de ser apenas uma peça, para ser um *composto do ciclo metabólico*, ligando-se a outro composto, por ação de uma enzima). Esse tipo de procedimento deve propiciar a integração do conceito da substância com sua própria função, o que implica uma operação mental de alto nível, de reconstrução e reorganização do conhecimento: abstração reflexionante.

4.2. Sobre softwares baseados na teoria construtivista

A apropriação do construtivismo e, portanto, do modelo pedagógico interacionista, no desenvolvimento do *courseware* pretendido, será feita com base em autores que relacionaram o uso de informática na educação às idéias dessa natureza. Conforme Oliveira (2001), compreender a aquisição do conhecimento por meio de estágios de elaboração interna, segundo as idéias de Piaget, propicia a formação de projetos pedagógicos que visam a aprendizagem e o desenvolvimento da inteligência nos alunos. Um *software* educacional que permita interação de conteúdos, ativa esquemas endógenos e favorece o aprendizado (OLIVEIRA,2001). O ambiente computacional ou tecnológico, neste caso, torna-se a ferramenta que oportuniza a interação entre o sujeito e a representação de determinado objeto e suas relações, proporcionando a construção do conhecimento.

Uma das características fundamentais de um ambiente de aprendizagem com esta preocupação é a possibilidade da criação de situações de desafios, que geram possíveis desequilíbrios de estruturas cognitivas, os quais incentivam os alunos na busca do conhecimento. Para Jonassen (1996, p. 80), um ambiente de aprendizagem interativo consiste:

“... de um problema ou espaço de projeto (incluindo problema de contexto, problema de representação/simulação e problema de manipulação de espaço), casos relacionados, fontes de informação, ferramentas cognitivas, conversação, apoio contextual e social para as pessoas que os estão implementando”.

Segundo Jonassen (1999), um ambiente construtivista de aprendizagem deve possuir dinamicidade, interatividade, modelagem ou simulação. Além dessas características o ambiente deve estar contextualizado: o ambiente deve ser composto de problemas reais para os alunos construírem o conhecimento e ser colaborativo, permitindo a interação, o diálogo, e o trabalho em conjunto para a resolução de problemas. Procurará-se identificar no *software* desenvolvido todas essas características.

4.3. Sobre mapas conceituais na educação

Os mapas conceituais foram desenvolvidos por Novak e colaboradores, definidos como uma ferramenta para organizar e representar conhecimento (FARIA, 1995). Baseados na teoria da aprendizagem significativa (AUSUBEL apud FARIA, 1995), constituem um esquema gráfico de representação, composto por uma rede de conceitos e “proposições unificadores” relevantes constituintes da estrutura básica do conhecimento sistematizado (FARIA, 1995). Esta forma de representar graficamente um conjunto de conceitos de qualquer domínio, é disposta de forma a evidenciar suas relações. Os conceitos aparecem dentro de caixas nos nós do grafo e as relações entre eles são especificadas por meio de frases de ligação nos arcos que os unem. Uma unidade semântica é criada por conexão das frases de ligação entre dois ou mais conceitos, o que Dutra, Fagundes e Cañas (2004) denominaram de proposição. Comparados a outros grafos similares, como os mapas mentais, as proposições são uma característica particular dos mapas conceituais (DUTRA, FAGUNDES, CAÑAS, 2004).

Os diagramas que facilitam a modelização do conhecimento têm sido usados em várias áreas das Ciências Cognitivas (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1987). Os mapas conceituais proporcionam um resumo do significado dos conceitos, ordenados de maneira hierárquica, no qual o conhecimento está organizado e representado em todos os níveis de abstração, os mais gerais e inclusivos colocados na parte superior e os mais específicos e menos inclusivos na parte inferior (ONTORIA, 1995). Este instrumento se aplica ao ensino e aprendizagem escolar, desde as atividades de análise de currículo, até a produção de sistemas virtuais, em avaliação e pesquisas em monitoramento dos processos educacionais (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1987).

Em 1990, Novak e colaboradores (apud FARIA, 1995) utilizaram pela primeira vez os mapas conceituais como instrumento para dispor o conjunto de idéias aprendidas em uma área específica, por sujeitos de uma pesquisa educacional do tipo longitudinal, com o objetivo de verificar como os significados de conceitos, de cada estudante, mudam com o tempo. Para obter dados a partir dos mapas conceituais, inspirados na técnica usada por Piaget em psicogenética, os pesquisadores, nesse trabalho, utilizaram entrevistas clínicas (FARIA, 1995).

“Para Piaget, um conceito resulta de uma transformação de um esquema de ação, num processo infinito de justaposição de atributos por regulações sucessivas causadas por desequilíbrios nos sistemas de significação do sujeito. Portanto, as palavras que colocamos nas caixas do mapas conceituais (em geral um substantivo) não são necessariamente, na perspectiva do sujeito, os conceitos. Embora tais palavras possam representá-los, são as relações construídas que os delimitam, no exercício de atribuição de significados somente alcançados pela interação do sujeito com objetos em determinados

contextos. Opõe-se, portanto, à visão de que uma organização seqüencial e correta de estratégias, materiais e atividades seja por si só a garantia da aprendizagem de um conceito, por recepção.(DUTRA, FAGUNDES E CANÃS, 2004)⁹

Estruturados a partir das teorias relacionadas às redes semânticas (AMORETTI e TAROUCO, 2000), os mapas conceituais podem representar uma estrutura hierárquica, que vai desde os conceitos mais abrangentes até os menos inclusivos ou de forma puramente relacional, sem qualquer hierarquia entre os conceitos. Podem ser utilizados para auxiliar a ordenação e o seqüenciamento hierarquizado dos conteúdos de ensino, de forma a permitir ao aluno organizar seus conhecimentos. Os mapas podem ser definidos pela predominância do caráter puramente associativo dos conceitos apresentados (atributos), ou do caráter classificatório (categorias) (AMORETTI e TAROUCO, 2000).

Entre as funções do mapa conceitual, Amoretti e Tarouco, (2000) destacam:

- a) a de descrever os objetos da experiência;
- b) a função econômica, vinculada ao caráter classificador;
- c) a função de organizar os dados da experiência de modo que se estabeleçam entre eles conexões lógicas;
- d) a função fundamental de previsão, na medida em que o conceito é um meio antecipador.

⁹ Documento eletrônico

O uso de mapas conceituais possibilita desenvolver um processo cognitivo de aprendizagem em que o aluno organiza o seu conhecimento de forma autônoma, ele próprio orienta a aquisição de novas informações que estarão diretamente relacionadas com o conhecimento que o aluno possui no momento da aprendizagem (AMORETTI, 2001). Como uma ferramenta de aprendizagem, o mapa conceitual é útil ao estudante, por exemplo, para fazer anotações, resolver problemas, planejar o estudo e/ou a redação de grandes relatórios, preparar-se para avaliações e identificar a integração dos tópicos. Para os professores eles podem constituir-se em poderosos auxiliares nas suas tarefas rotineiras, tais como: tornar claro os conceitos difíceis, organizados em uma ordem sistemática; auxiliar os professores a manterem-se mais atentos aos conceitos chaves e às relações entre eles; auxiliar os professores a transferir uma imagem geral e clara dos tópicos e suas relações para seus estudantes; reforçar a compreensão e aprendizagem por parte dos alunos; permitir a visualização dos conceitos chave e resumir suas inter-relações; verificar a aprendizagem e identificar conceitos mal compreendidos pelos alunos; auxiliar na avaliação do processo de ensino e possibilitar a avaliação do alcance dos objetivos pelos alunos através da identificação dos conceitos mal entendidos e dos que estão faltando (AMORETTI e TAROUCO, 2000).

Segundo Moreira e Buchweitz (1987), o mapa conceitual é um recurso que visa facilitar a aprendizagem de conceitos. Dispensam equipamentos sofisticados ou instalações especiais, possibilitando seu uso até mesmo nas mais modestas condições de trabalho. Os mapas conceituais podem ser usados, como recurso

didático, para organizar relações entre conceitos que integram o conteúdo de uma única aula, de uma unidade de estudo ou de um curso inteiro.

Resumindo, para os professores, os mapas conceituais podem ajudar a:

- tornar claro os conceitos difíceis, organizados em uma ordem sistemática;
- manterem-se mais atentos aos conceitos chaves e às relações entre eles;
- transmitir uma imagem geral e clara dos tópicos e suas relações para seus estudantes;
- reforçar a compreensão e aprendizagem por parte dos alunos;
- permitir a visualização dos conceitos chave e resumir suas inter-relações;
- verificar a aprendizagem e identificar conceitos mal compreendidos pelos alunos;
- acompanhar e avaliar a construção do conhecimento;
- possibilitar a avaliação do alcance dos objetivos pelos alunos através da identificação dos conceitos mal entendidos e dos que estão faltando.

Um mapa conceitual apresenta um caráter de incompletude, algo em processo de mudança, que pode ser utilizado para acompanhar os processos de construção do conhecimento. Na concepção de Piaget, o sistema conceitual é um sistema em que seus elementos se apóiam inevitavelmente uns nos outros, sendo ao mesmo tempo aberto a todas as trocas com o exterior. Supõe-se, portanto, ser

impossível a construção de um único conceito A, como ponto de partida de uma classificação, sem utilizar outros conceitos num processo circular, não hierárquico. Dessa forma, segundo Dutra, Fagundes e Canas (2004)¹⁰: “(...) na dinâmica da construção de um mapa conceitual pode-se acompanhar a representação do sistema de significações ativados num sujeito de tal forma que nele também reconhecemos subsistemas que se relacionam apoiando-se mutuamente na construção dessas significações”.

Nesta tese, os mapas conceituais foram utilizados como instrumentos de representação do conhecimento, do ponto de vista instrumental, ou seja, como ferramenta para apoiar a expressão dos alunos e do próprio professor. Do ponto de vista conceitual, foram utilizados segundo a concepção piagetiana de formação de conceitos, expressa por Dutra, Fagundes e Caña (2005). Isto significa que se atribui a estes instrumentos a faculdade de representar sistemas de significados pré-existentes nos alunos, bem como a ativação de construções posteriores, e possíveis sub-sistemas de significação associados aos conceitos do conteúdo em pauta. Pretendeu-se verificar, por meio da análise dos conceitos e frases de ligação construídas pelo aluno, primeiro o conhecimento que o aluno possuía do conteúdo trabalhado, depois, a influência do uso do *software* educacional e, por último, como o aluno representaria o seu conhecimento dois meses após realizado o estudo.

Os mapas conceituais focalizam aspectos relativos à estrutura conceitual do conteúdo e eles podem instrumentalizar o sistema de avaliação, uma vez que conforme Farias (1995, p. 23) “(...) para que um aluno elabore corretamente um

¹⁰ Documento eletrônico

mapa conceitual, ele deve ter uma compreensão ampla do material estudado, discernindo os conceitos mais gerais e os vários níveis de conceitos subordinados”. Este ponto de vista já tinha sido relatado por Stewart, Van Kirk e Rowel (1979 apud FARIAS,1995), que consideraram o fato de que os mapas conceituais deveriam avaliar melhor o conhecimento do estudante do que outro instrumento de avaliação, uma vez os mapas conceituais retratam a estrutura do conteúdo estudado.

Como representação aberta do conhecimento, não existe mapa certo ou errado e, por isso, a avaliação do trabalho do aluno não pode ser feita pelos parâmetros tradicionais de mensuração por perguntas e respostas. Para Farias (1995) testes de múltipla escolha ou dissertações podem ser mais eficientes que os mapas conceituais para avaliar certos aspectos do conteúdo, entre eles definições, ilustrações, diferenciações e conceituais e comentários críticos. Ainda, para este autor, os mapas são melhores para avaliações do tipo formativo, integrando-se ao ensino, que a do tipo somativo, o qual atribui notas para promoção ou classificação do aluno.

O uso de mapas conceituais em Bioquímica (exemplificado na Figura 2) pode ser encontrado no livro de Campbell (2000). A autora apresenta no início de cada capítulo um mapa conceitual sobre o assunto que o capítulo aborda, proporcionando ao leitor uma visão geral dos pontos e suas relações, conforme serão tratadas no livro. Este exemplo dá uma idéia da natureza visual da ferramenta e de sua capacidade de representar um conjunto, as partes e sua integração no todo.

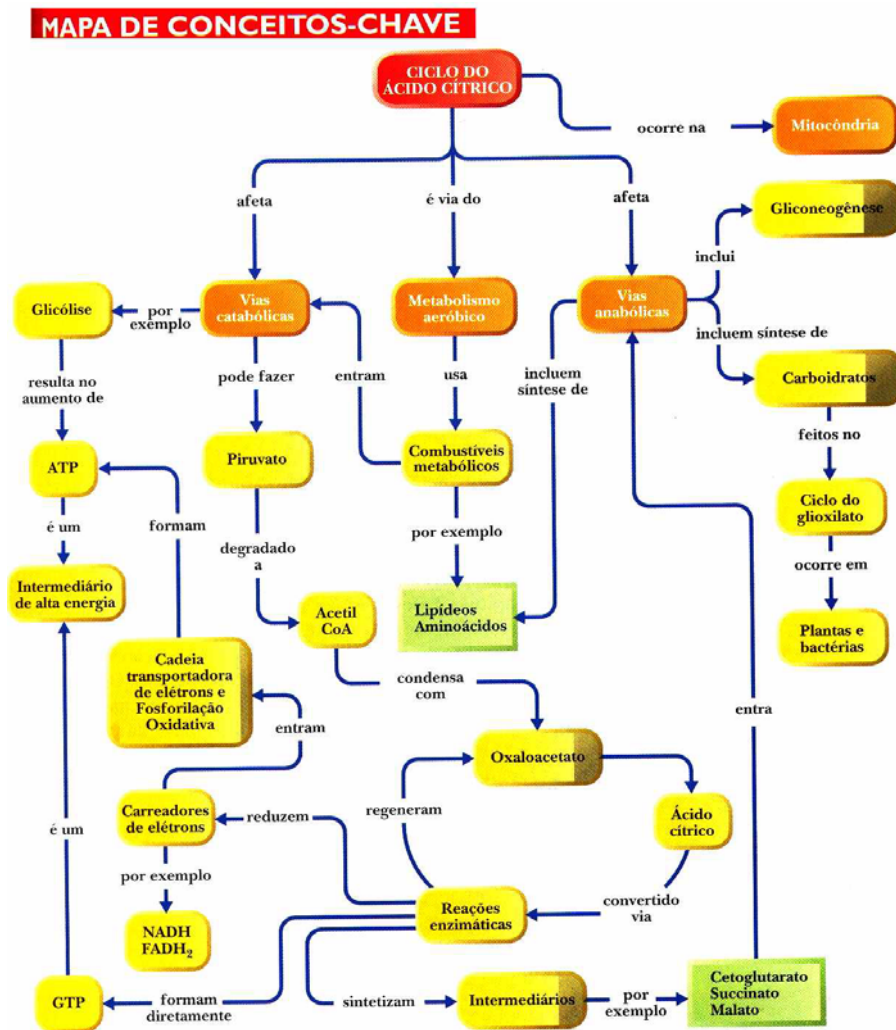


Figura 2. Exemplo do Mapa Conceitual apresentado no início do Capítulo 15 do livro *BIOQUÍMICA* (CAMPBELL, 2000, p. 493).

No livro *Biochemistry* de Richard Harvey e Pamela Champe (2005), sabendo que os estudantes muitas vezes vêm a Bioquímica como um amontoado de fatos ou equações a serem memorizadas e não como conceitos a serem compreendidos, os autores criaram uma série de mapas conceituais sobre o conteúdo de Bioquímica para ilustrar graficamente os relacionamentos entre as idéias apresentadas em um capítulo, e para mostrar como a informação pode ser agrupada ou organizada. Os

autores consideram que um mapa conceitual é uma ferramenta para visualizar as conexões entre conceitos. No final da primeira unidade, os autores explicam, com ilustrações (Figura 3) o que são e como são construídos, dos seus pontos de vista, os mapas conceituais em Bioquímica. Além disso, eles mostram como construíram os mapas conceituais e explicam os significados dos conceitos utilizados. Para eles, diferentemente dos educadores que definem conceitos como regularidades percebidas nos eventos ou objetos, os conceitos nos Mapas conceituais em Bioquímica incluem abstrações (por exemplo, a energia livre), processos (por exemplo, a fosforilação oxidativa) e compostos (por exemplo, o glicose 6 fosfato). Os conceitos, nos mapas dos autores, partem de uma idéia central – colocada no alto da página – e são dispostos em caixas. O tamanho da caixa e do tipo indica a importância relativa de cada idéia. As linhas que ligam as caixas dos conceitos mostram que eles possuem relação. No final de cada capítulo, os autores apresentam seus mapas conceituais como resumos, representações dos conceitos mais relevantes do capítulo e links para leituras complementares. Na Figura 4, tem-se exemplo de um dos mapas.

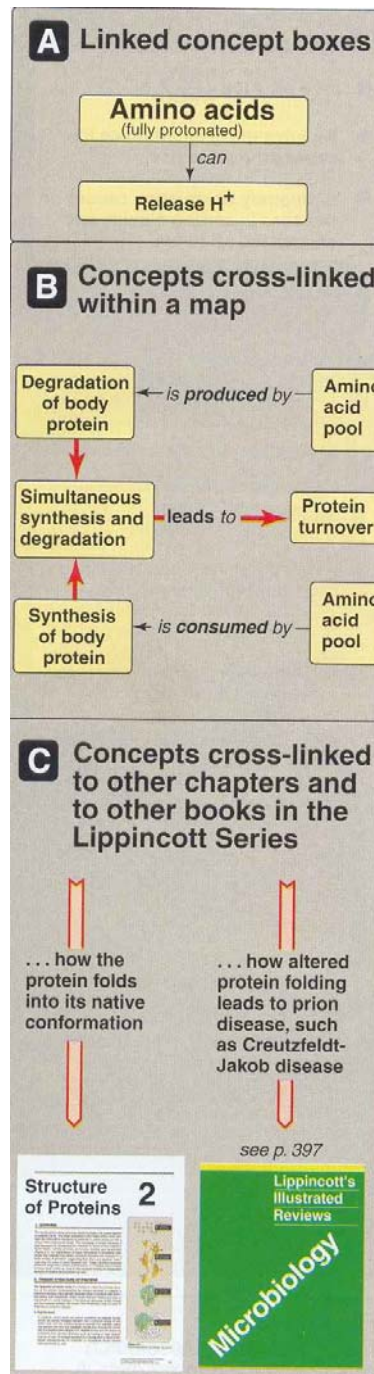


Figure 1.13
Symbols used in concept maps.

Figura 3. Ilustração da explicação dada pelos autores do livro de Bioquímica do significado dos conceitos e relações contidas nos Mapas Conceituais construídos por eles. (HARVEY e CHAMPE. 2005, p. 10)

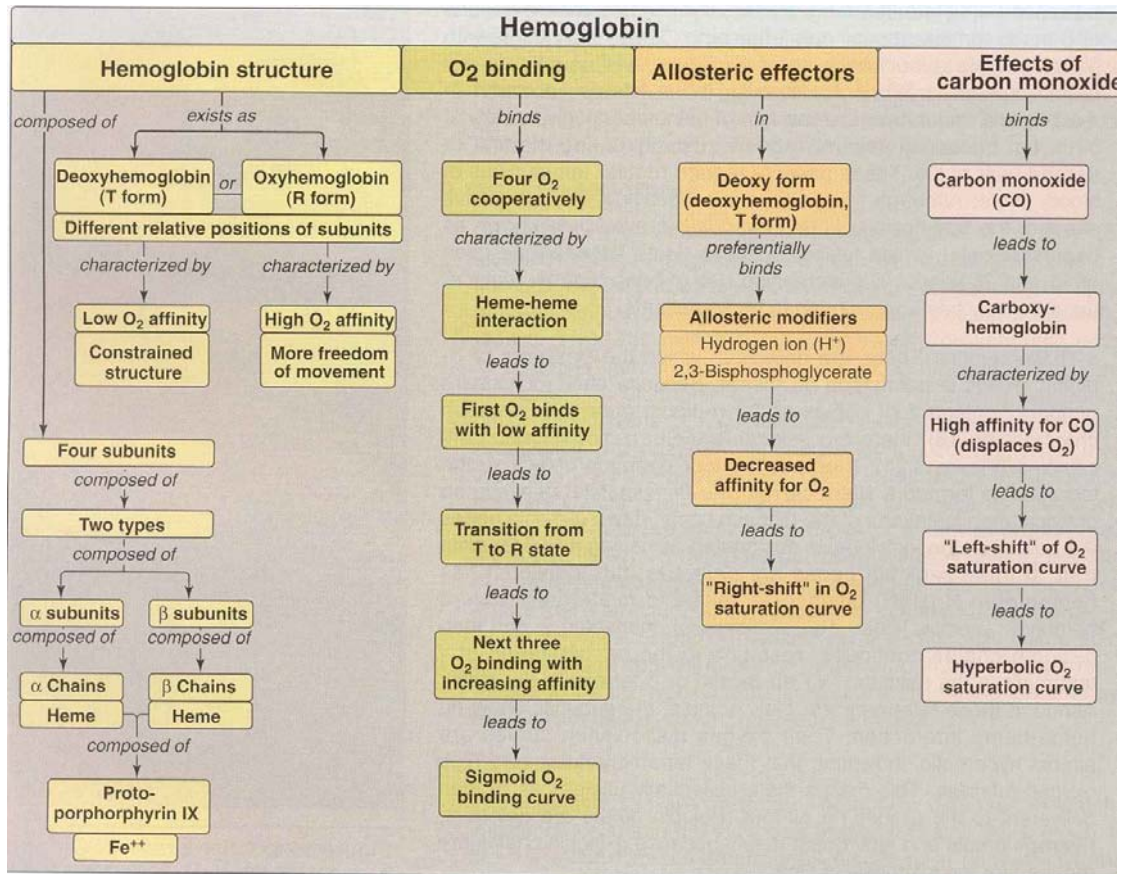


Figure 3.25
Key concept map for hemoglobin structure and function.

Figura 4. Exemplo do Mapa Conceitual apresentado no final do capítulo 3. (HARVEY e CHAMPE. 2005, p. 40).

O uso do mapa conceitual, neste trabalho, como já foi relatado, teve como objetivo a avaliação do conhecimento prévio do aluno sobre o assunto a ser trabalhado e, após o estudo, a avaliação do conhecimento adquirido por ele com a nova metodologia proposta.

5. METODOLOGIA

“As opiniões novas são sempre suspeitas, e, em geral combatidas, sem nenhuma outra razão senão por já não serem comuns”.

John Locke

No universo da pesquisa pretendida, a ação de *montar um jogo*, a qual apresenta o conteúdo de Bioquímica a ser aprendido, será considerada como sendo uma estratégia pedagógica destinada a levar o aluno à construção de estruturas cognitivas.

O método de pesquisa adotado neste trabalho foi organizado seguindo-se as seguintes etapas:

- Estudo preliminar com base na identificação do problema e da definição da pesquisa pretendida, através da produção do *software* (já descrito nos itens anteriores deste projeto).

- Planejamento do *software* e das metas desejadas em cada uma das suas etapas.

- Escolha do conteúdo de Bioquímica.

- Identificação das características pedagógicas do *software*, relacionando-as com os conceitos apresentados no referencial teórico.

- Planejamento da interface e das atividades do *software* .

- Planejamento da metodologia de avaliação do *software* .

5.1. Planejamento do software

O planejamento foi realizado através de uma planilha para esquematização das atividades. Os itens, estruturados segundo Falkembach (2001), estão apresentados nos quadros 1 (início e fim).

Etapas	Descrição das etapas	Metas
ANÁLISE	<u>definição do tema:</u>	Escolher entre o conteúdo programático de Bioquímica o item mais adequado.
	<u>objetivo do ambiente</u>	Fornecer material instrucional para o ensino e aprendizagem de Bioquímica que possibilite o aprendizado de cada rota metabólica que compõe o metabolismo intermediário nos tecidos, com todos os seus aspectos importantes
	<u>público alvo</u>	Estudantes do ensino superior de cursos da área biomédica, da FFFCMPA (primeira etapa) e de outras instituições de ensino;
	<u>como e onde este produto será usado</u>	Poderá ser utilizado individualmente pelo aluno ou em grupo, em casa, em salas de aula informatizadas e conectadas ou não à rede;
	<u>apresentação do conteúdo</u>	Na forma de um jogo de seqüência lógica, utilizando dispositivos interativos; será disponibilizado tanto em CD-ROM como na Web
	<u>vantagem do aprendiz em utilizar o <i>software</i></u>	Possibilitar a aquisição do conhecimento de maneira lúdica e prazerosa, ficar motivado buscar maior aprofundamento do conteúdo; visualizar as transformações dos compostos em uma rota metabólica
	<u>Processo de aprendizagem</u>	Promover o envolvimento dos alunos com a construção de seu próprio conhecimento, através da ação sobre o objeto de trabalho. Identificar processos de equilíbrio e abstração reflexionante compatíveis com o nível de pensamento formal
	<u>Processamento cognitivo</u>	Em cada atividade do <i>software</i> , serão identificadas as atividades cognitivas envolvidas e relacionadas, quando possível, aos conceitos de equilíbrio e abstração reflexionante, de Piaget
<u>Monitoramento das atividades do aluno e do seu processo de aprendizagem</u>	Análise dos registros no ambiente Mapas conceituais Questionários de avaliação Testes escritos	

Quadro 1. (início) – Etapas do planejamento.

Etapas	Descrição das etapas	Metas
MODELA- GEM	<u>Modelo Conceitual</u>	Um <i>software</i> capaz de ofertar acesso ao conteúdo de formas variadas (texto, jogo, questões), permitindo interatividade dos usuários O conteúdo deverá ser modelado, integrando múltiplas mídias como formas de representação.
	<u>Modelo de Navegação</u>	Hipertexto para acesso a conteúdos, com entradas disponíveis para todas as atividades, de qualquer ponto do <i>software</i> . Na atividade de jogo: navegação através de escolha e movimentação de peças no modelo <i>drag-and-drop</i>
	<u>Modelo de Interface</u>	Criar a identidade visual do produto e ser compatível com o modelo conceitual e de navegação Buscar uma interface clara e intuitiva, que facilite a localização do aluno.
IMPLE – MENTA - ÇÃO	<u>Atividades a desenvolver</u>	Produção de <i>story-board</i> do <i>software</i> . Programação (contratação e gestão do processo). Produção e digitalização de mídias (áudio e vídeo) Produção de versão experimental para verificação das informações e correção dos erros de conteúdo e de gramática
VALIDA- ÇÃO	<u>Atividades a desenvolver</u>	Apresentação do <i>software</i> a professores especialistas na área de Bioquímica, para coleta de críticas e sugestões
AVALIA- ÇÃO	Atividades a desenvolver	A avaliação deverá ser feita durante várias fases do processo, de natureza qualitativa (observação) e quantitativa (questionários e avaliação de desempenho) Desenvolvimento de estratégias de teste e avaliação de aprendizagem com usuários
DISTRIBUIÇÃO	CD-Rom e disponibilizado na web	O <i>software</i> deverá ser registrado no INPI

Quadro 1 (fim) – Etapas do planejamento

5.2. Conteúdo de Bioquímica

A experiência de mais de 20 anos com o ensino de Bioquímica com os alunos do Curso de Medicina da FFFCMPA e o contato com os professores de Bioquímica de outras Instituições de ensino superior indicaram que os estudantes apresentam dificuldades e desinteresse com os conteúdos apresentados numa aula teórica expositiva forneceu subsídios para organização do conteúdo a ser trabalhado no *software*. Preocupando-se com os pontos em que os alunos apresentam maiores dificuldades e desinteresse, visando proporcionar o desenvolvimento dos processos cognitivos formadores e desencadeadores dos esquemas mentais.

A escolha inicial do conteúdo para ser colocado na forma digital foi feita entre as rotas metabólicas que apresentassem mais relações no metabolismo intermediário e que fosse de um tamanho (número de reações) tal que permitisse colocar na tela. Como o Ciclo de Krebs é o fundo comum entre o metabolismo dos glicídios, lipídios e aminoácidos, ele foi o primeiro ponto a ser trabalhado.

A partir desta escolha foi feita uma divisão deste assunto nos seguintes itens: histórico; funções e características; seqüência de substratos e enzimas; controle; balancete energético; relação com outras rotas metabólicas; inibição; papel das vitaminas; velocidade do Ciclo. Entre estes foram selecionados aqueles que poderiam ser transformados no formato de jogos.

5.3. Características pedagógicas

O *software* projetado neste trabalho é baseado em princípios pedagógicos construtivistas. Mais especificamente, atendendo ao conceito de *equilíbrio*, segundo Piaget (1976), apresenta estratégias que desafiam a aplicação do conhecimento prévio do aluno, visando um desequilíbrio de suas estruturas cognitivas, para estimular sua busca por uma informação destinada a re-equilibrar as novas estruturas. Atendendo à necessidade de propiciar situações onde o aluno possa desenvolver abstrações *reflexionantes* (Becker, 1994), foi proposto ao aluno usar seu conhecimento coordenando conceitos a partir da identificação da função da peça-composto no todo-rota metabólica. Como o *software* é direcionado para o ensino superior, foi levado em conta as características da faixa etária dos alunos, e seu nível de maturidade cognitiva, capaz de realizar operações formais (abstratas). Neste nível, o aluno apresenta raciocínio abstrato, hipotético e dedutivo, que inicia por hipóteses e procede segundo regras lógicas, não esquecendo, que a qualidade operatória está presente em todos os níveis de desenvolvimento e que se pode encontrar, no desenvolvimento humano, forma construtiva, interdependente e reversível, de inteligência (MACEDO, 2003).

Os adultos respondem melhor quando se solicita solução de problemas e quando sabem porque precisam aprender o conteúdo abordado. Pode-se valer da experiência dos participantes, desafiá-los a atingir estágios cada vez mais altos de desenvolvimento pessoal e possibilitar o máximo de escolhas possíveis na disponibilidade e organização de programas de aprendizagem. O material instrucional apresenta relações com experiências práticas de tal modo que tornem o

estudante sequioso por aprender e capaz de fazê-lo e este material foi projetado de modo a facilitar a extrapolação e o preenchimento de lacunas de conhecimento (KAWASAKI, OMAR & FERNANDES, 2000).

5.4.- Planejamento da interface e das atividades do software

A elaboração de um *software* educacional, segundo Falkembach (2001), deverá levar em conta: ser de fácil uso (usuabilidade); a navegação deve ser intuitiva; deve apresentar ilustrações (gráfico, desenhos, fotos) no texto, som (narração, música, efeitos sonoros); permitir a avaliação do aluno por ele mesmo e pelo professor. O aluno deve ter autonomia sobre a navegação, respeitando o seu ritmo e possibilitando de rever conteúdos já estudados. Os escores obtidos pelo aluno devem ser armazenados automaticamente, permitindo ao aluno acesso a estes escores. ‘

A versão atual foi denominada de *e-Metabolismo: Glicídios* e o nome Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual, como já foi relatado, ficou reservado apenas para denominar o jogo de seqüência lógica, atividade interativa do ambiente.

O ambiente produzido, *e-Metabolismo: Glicídios*, constituiu-se de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem, que usa recursos de hipermídia, como estratégia para representar o metabolismo celular. O conteúdo produzido poderá ser disponibilizado tanto em CD-ROM como na *Web*. Deverá propiciar um ensino individualizado, respeitando o estilo e ritmo de aprendizagem de cada aluno. O estudante terá liberdade máxima para determinar seu próprio processo de

aprendizagem, selecionando, através de botões ou palavras chaves, o caminho a percorrer e o tempo gasto em cada etapa e até mesmo fazer comunicações assíncronas ou síncronas com os professores e colegas.

O e-Metabolismo: Glicídios apresenta a informação de forma didática e pedagógica, com um roteiro adequado ao aprendiz embutido na seqüência dos conteúdos, para auxílio no processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas de Bioquímica, de diversos cursos da área das Ciências Biológicas e afins.

O conteúdo abordado foi desenvolvido em hipermídia interativa, com um ambiente totalmente dinâmico, flexível e que permite acesso às informações de forma não linear. O ambiente possibilita ao aluno explorar o conteúdo daquela rota metabólica específica, através de várias opções (ou textos, ou testes de escolha múltipla, ou o jogo de seqüência lógica no tabuleiro virtual). Poderá fazer isso, entretanto, segundo seu interesse e seu ritmo, tendo controle sobre sua aprendizagem.

A arquitetura do e- Metabolismo: Glicídios apresenta um Módulo de Comunicação ou Interface que permita ao usuário interagir com a máquina montando a rota metabólica de acordo com o seu conhecimento sobre o assunto e possibilitando, também, um aprofundamento opcional; um Módulo do Domínio ou Banco de Dados que contenha conteúdos ou links que permitam ao aprendiz aprofundar seu conhecimento e um Módulo de Tutor que permita um acompanhamento do professor dos caminhos percorridos pelo aprendiz.

O e -Metabolismo: Glicídios, projetado para permitir a participação de um ou mais usuários, apresenta um ambiente totalmente dinâmico, desenvolvido em hipermídia, de forma hierárquica, conforme o *storyboard* mostrado no anexo 1. Esta forma de apresentação do conteúdo, associada ao *layout* da interface, estabelece a estrutura da aplicação e reflete a forma de consulta ao conteúdo do material instrucional. Foi formado por uma hiperbase¹¹ ou seja, um conjunto de estruturas de acesso e uma interface. A interface permite interatividade, tanto no que se refere à interação homem-máquina (em sua interface) quanto à interação homem-homem mediada pelo ambiente (interação social). É colaborativo, propiciando o diálogo e o trabalho em conjunto para a resolução de problemas, uma vez que possibilita utilizar a Internet e seus serviços (www, e-mail, chat, ftp, entre outros) como suporte.

5.5. Planejamento da metodologia de Avaliação

A proposta de um novo método de ensino e aprendizagem em Bioquímica, como em qualquer outra disciplina, para constituir uma pesquisa educacional incluiu etapas de avaliação do método. No caso deste projeto foi necessário que o produto desenvolvido (o *e-Metabolismo: Glicídios*) fosse validado tanto do ponto de vista de sua operacionalidade como material didático (material instrucional).

¹¹ A Hiperbase será constituída pelas informações organizadas de forma não linear através de nodos ou nós, links ou elos e âncoras. A saber: nodo - é o componente onde são armazenadas as informações nas mais variadas mídias; link - é a ligação entre os nodos, estabelecendo a navegação; âncora - corresponde a uma área clicável no nodo que desvia para outro nodo.

5.5.1. Validação do *software*

A validação do *software* foi feita mediante a apresentação para uso a professores da área e especialistas em informática na educação, com pareceres dados através de questionários e opiniões pessoais.

A elaboração destes questionários foi baseada em trabalhos publicados sobre avaliação de *software* s educacionais como os de Passerino (2002) e Vieira (2000). Estes dados foram analisados e permitiram alterações no ambiente, melhorias, entre outras, na interface, navegabilidade e acessibilidade às diversas atividades propostas. Desta maneira, foi possível se obter uma melhor garantia de funcionamento do produto.

5.5.2. Avaliação dos alunos após o uso do *software*.

A avaliação qualitativa foi feita pela observação dos alunos e gravação em vídeo da atividade de uso do *software* .

A avaliação quantitativa foi feita mediante a verificação e desempenho em prova escrita sobre o conteúdo do *software*.

O grau de satisfação foi medido através da categorização de respostas em questionário.

O monitoramento de desempenho foi feito através de mapas conceituais e análise dos registros de acesso ao *software*.

Comprovado o uso do método por parte dos nossos alunos, professores de diferentes cursos da área biomédica foram convidados a testar o e-Metabolismo: Glicídios em suas aulas. Após foram feitos testes com outras turmas de alunos de disciplinas de Bioquímica da FFFCMPA e de outras instituições.

6. DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE EDUCACIONAL

“Cada um necessita viver sua vida sem repetir, sem copiar.

Faz parte do homem criar coisas novas, idear, planejar, empenhar a própria responsabilidade, aperfeiçoar-se, aperfeiçoar o mundo“.

Mário Osório Marques

Neste capítulo, será relatado o processo de desenvolvimento do *software*, desde as versões iniciais até a atual. Também serão apresentadas características, estruturação e programação das atividades, relações do *software* com o processo de aprendizagem e as operações cognitivas possivelmente envolvidas durante as atividades propostas.

6.1. Histórico

Uma vez definidos o tema, o conteúdo, o público-alvo e as características já descritas no item anterior, foi escolhida a ferramenta para o desenvolvimento do *software*. Foram tentados os *software*s de autoria *Toolbook* e *Everest*, mas não foi possível devido à complexidade da rota metabólica e a interação necessária para montagem do jogo de seqüência lógica. Um protótipo foi feito em *Authorware* onde foram desenvolvidas apenas algumas telas de apresentação, como podem ser vistas na Figura 5, no entanto, aquela ferramenta não dispunha da flexibilidade necessária para gerenciamento de usuário e do conjunto de problemas e jogos.

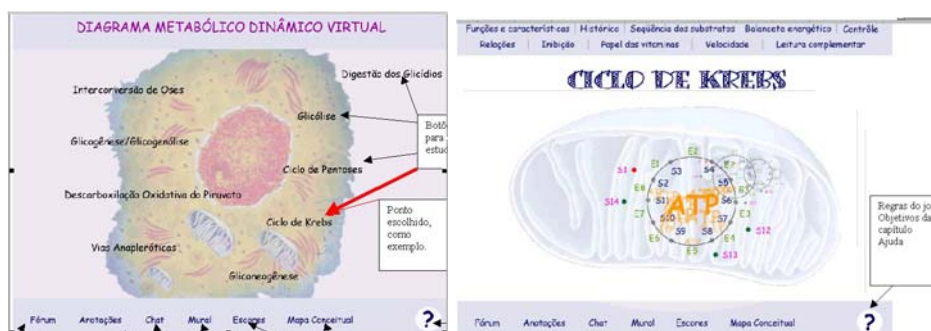


Figura 5. Telas do primeiro modelo do *software*

Não conseguindo superar estas dificuldades, foi feita uma parceria com um ex-monitor de Bioquímica da FFFCMPA e também estudante de Ciência da Computação, com condições de desenvolver o *software* do jogo de seqüência lógica, transformar o jogo de tabuleiro (DMD) em um jogo virtual (DMDV). Várias versões (no Anexo 2), são apresentadas as figuras das telas de diversas versões) foram realizadas, até chegar em um modelo inicial sobre o qual o projeto começou a ser desenvolvido. Um CD, contendo a versão do modelo inicial do *software*, foi produzido e foi elaborado um manual de instrução (anexo 3).

Este projeto piloto serviu não somente para medir o grau de qualidade viável, mas, também, a capacidade da equipe de ter um produto que fosse de fácil utilização por usuários com pouco ou nenhum conhecimento técnico em computação, e que fosse suficientemente leve para rodar nos computadores disponíveis na FFFCMPA. Esses aspectos se referem a critérios de usabilidade, intuitividade da interface, operacionalidade e outras categorias da área de *software*, através das quais se deveria garantir que o *software* não deveria impor barreiras para o aprendizado do aluno. Este deveria ir, regulado por seu ritmo de aprendizagem, evoluindo de forma autônoma através dos diversos desafios que lhe

são impostos. Sem possibilidade de aprofundamento no estudo da teoria e da prática das interfaces humano-computador, procurou-se chegar a uma configuração ao mesmo tempo atrativa e funcional. Foram necessárias várias modificações até chegar ao conceito atual do *software*, feitas a partir da apresentação a especialistas da área e alunos, que participaram de experiências piloto.

6.2. Projeto e Desenvolvimento

Foi executada uma primeira versão do *software*, denominada de Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual (DMDV), com uma única rota metabólica, o Ciclo de Krebs, por ser o fundo comum do metabolismo de glicídios, lipídios e proteínas, e também porque, pelo tamanho da rota, caracterizar uma espécie de protótipo do que deveria ser o conjunto do *software*, com todas as suas características. Apesar de não ser o produto final da pesquisa, esta primeira versão foi premiada pelo Programa de Apoio à Pesquisa em Educação a Distância (PAPED) da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) do Ministério de Educação e Cultura, edição de 2003.

O DMDV-Ciclo de Krebs, em versão distribuída em CD-ROM é um *software* que permite ao usuário aprender, estudar e revisar conteúdos referentes ao metabolismo energético, através de (atividades já estruturadas e apresentadas):

a) jogos interativos com a seqüência de substratos e enzimas das rotas metabólicas, seu controle, inibição, papel de vitaminas para seu correto funcionamento e sua relação com outros sistemas. Nos jogos interativos objetivo é fornecer todos os dados, através de peças arrastadas para um tabuleiro virtual, para completar as informações em destaque sobre a rota metabólica em estudo. No tabuleiro (tela de jogo), o usuário pode interagir com a interface escolhendo os compostos para montar a rota metabólica de acordo com o seu conhecimento sobre o assunto. Após a colocação do composto no lugar correto, uma caixa de texto é aberta, com uma pergunta para ser respondida pelo estudante, a qual o induz a fazer inter-relações e novas descobertas. O próprio estudante pode corrigir sua resposta após a consulta a um texto complementar, cujo acesso só é permitido após ter escrito a resposta. O sistema também permite ao usuário seguir adiante na atividade sem responder a pergunta, entrar em outra atividade ou sair;

b) leitura de textos sobre as funções e características do Ciclo de Krebs assim como marcos históricos em seu desenvolvimento. Os textos são ofertados como material de apoio, para atender ao possível interesse de alunos que preferem estudar desta forma. Também se destinaram a garantir um maior aprofundamentos do tema, se isso for do interesse do aluno;

c) resolução de questões dissertativas. São ofertadas ao aluno, com objetivo de levá-lo a refletir sobre a escolha feita ao colocar a peça (o composto) no lugar correto do tabuleiro virtual. As perguntas são relacionadas com as propriedades e a função desse composto;

d) resolução de questões de escolha múltipla. Estas questões também são disponibilizadas ao aluno, mediante sua escolha. Visam permitir ao aluno testar seu conhecimento e monitorar sua própria aprendizagem (auto-avaliação). Propositadamente, não é ofertado o gabarito de respostas. O sistema informa apenas que o aluno errou ou acertou (o aluno opta por consultar ou não um texto complementar em caso de erro);

e) atividades de cooperação e compartilhamento, através de fórum e Chat. O sistema permite ao aluno acompanhar discussões em um grupo de estudo ou expor seus dados, temas e observações pessoais em fóruns, chat ou mesmo usando seu próprio correio eletrônico.

f) anotações pessoais. O aluno tem a possibilidade de armazenar suas anotações pessoais no “Diário de Bordo”, onde grava suas respostas e pode acessá-las a qualquer momento.

g) visualização de reações através de gráficos e animações. Na interface do tabuleiro virtual, também, estão disponíveis entradas para vídeos contendo animações, na mesma interface, assim que o aluno completa uma reação do ciclo. Há ainda opções para reprodução de arquivos de som para a narração de uma breve orientação ao usuário, entre outras finalidades.

O professor, por sua vez, tem acesso às anotações dos alunos no “Diário de Bordo”, bem como a todos os registros das atividades interativas (trajetória do aluno, tempo de acesso, respostas das questões dissertativas e de escolha múltipla). Isto

tudo permite que o *software* desenvolvido nesta tese possa ser usado pelo professor como ferramenta de ensino em classes presenciais ou à distância.

Outras rotas metabólicas do metabolismo de glicídios foram implementados no aplicativo e mais recursos foram criados, possibilitando o uso em diversas plataformas. Esta versão foi denominada de *e-Metabolismo: Glicídios* e contém jogos de seqüência lógica, Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual, atividades interativas do ambiente.

O *e-Metabolismo: Glicídios* manteve as características de uso da primeira versão do *software*, mas permite um melhor acompanhamento das atividades do aluno pelo professor, podendo ser usado em classes presenciais ou à distância. Também poderá ser usado para propor aos alunos atividades pedagógicas nas quais os alunos serão motivados a interagir com o material, pesquisando soluções aos desafios apresentados pela natureza do próprio jogo de tabuleiro, cuja dinâmica engendra necessidades de busca dos conteúdos técnicos e também oferece redundância de informações gráficas, sonoras e dinâmicas, através das mídias. Pode também ser integrado a ambas as situações, caracterizando-se como um material didático-pedagógico flexível, possível de ser associado a múltiplas intenções.

Ao aluno, o *e-Metabolismo* oferece a liberdade de escolher entre várias formas de acesso aos conteúdos e aos desafios, que viabilizam a conscientização de sua própria preferência de como estudar: lendo textos, respondendo perguntas ou participando do jogo de seqüência lógica. Viabiliza ao aluno a possibilidade de

construir seu próprio conhecimento sobre o tema, visualizando as rotas metabólicas e sua dinâmica, o que permite uma compreensão das fórmulas, de forma didaticamente operacional.

6.2.1. Estruturação e programação

6.2.1.1. Primeira versão

A programação ficou sob responsabilidade do aluno especialista na área de Informática, que fez a seguinte descrição dos aspectos técnicos relevantes para este projeto, já publicado em Azevedo e Lazzarotto (2003):

No desenvolvimento de software, diversas linhas de trabalho devem seguir paralelas e convergir, no momento correto, para a integração do sistema. Os textos, a construção dos elementos gráficos que compõem as telas, os diagramas dos jogos e suas peças, os sistemas para gerenciamento dos usuários, o desenvolvimento das regras devem todos estar prontos simultaneamente.

Estruturalmente o software foi dividido em diversos módulos funcionais, os quais serviram de base para a descrição do sistema. São eles:

- a. o sistema gerente;*
- b. a estrutura telas e outros dados da interface;*
- c. as bases de dados com usuários, questões, respostas e registros.*

Logo depois de ter bem definido o conceito do aplicativo foi necessária a formulação de sua estrutura computacional definitiva. A escolha da ferramenta para a produção da primeira versão do software recaiu sobre a linguagem orientada a objetos C++, amplamente difundida nos meios acadêmicos e industriais, que possui todas as características de uma linguagem de programação moderna e de alto desempenho. O código do

aplicativo é altamente portátil para diversas plataformas computacionais e, devido a sua alta flexibilidade e estabilidade, não fomos limitados durante a definição do projeto ao conjunto de recursos disponíveis em ferramentas de desenvolvimento convencionais.

Na primeira etapa de projeto se fez necessário um modelo de aplicativo no qual as diversas partes do software pudessem ser construídas. O primeiro passo foi a construção de uma ferramenta que fosse capaz de ler e interpretar arquivos com as especificações dos módulos constituintes do software e que fosse capaz de gerar as telas em tempo de execução. Este processo é muito semelhante a do que um navegador para a Web faz, que é, lendo e interpretando a especificação da página em linguagem HTML gerar o produto que se vê na tela.

A especificação para definição das telas consta de uma série de definições para posicionamento de imagens na tela. Logo é possível adicionar em seqüência a uma imagem de fundo várias outras imagens que formarão a tela final. Para a ligação entre as diferentes telas, de maneira muito similar à dos browsers, foi definida uma região da tela onde um clic do mouse irá fazer que o sistema passe a uma outra tela. A figura 6 mostra uma das telas de entrada do software, sendo que o código que a gerou está listado no Quadro 2

```

include 'system_footer_simple.txt'
image [ file := 'system_start_00.gif' x := 0 y := 0 ]
link [ ref := 'login' x := 240 y := 520 w := 310 h := 30
keep := 1 ]
link [ ref := 'system_diaoog_howto.txt' x := 280 y := 485
w := 230 h := 25 keep := 1 ]
end

```

Quadro 2. Exemplo de código para gerar uma tela do sistema

Vimos antes que os jogos são compostos de um mapa e um conjunto de peças as quais devem estar

corretamente posicionadas. Para sua definição é necessário então expandir a definição da tela para que seja possível descrever estes objetos com os quais será possível interagir. Algumas das opções disponíveis para a definição dos jogos são:

- a. opções para posicionar o tabuleiro virtual do jogo na tela;
- b. definição da coleção de peças disponíveis;
- c. a solução do jogo;
- d. perguntas que devem ser feitas ao aluno depois que este tenha feito uma jogada correta;
- e. definição da seqüência de peças que devem ser jogadas.



Figura 6. Exemplo de uma das telas de entrada do software

A Figura 7 mostra uma tela de jogo típica do software onde se pode visualizar alguns dos recursos comentados anteriormente.

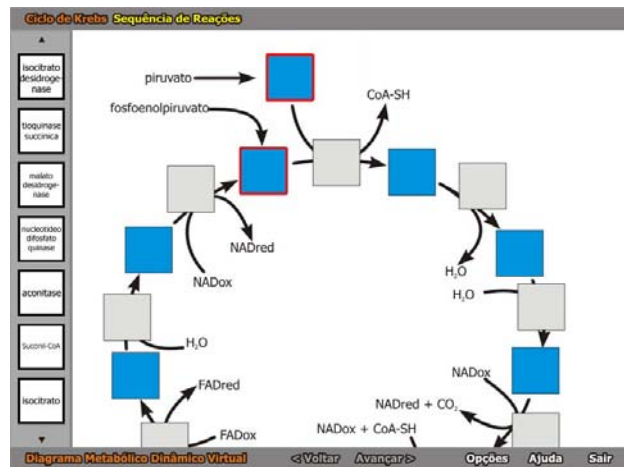


Figura 7. Tela com um jogo típico do aplicativo

Tem-se, também, feitas funções para demonstrar vídeos na tela que são usados para exemplificar as reações Bioquímicas depois de cada etapa das vias implementadas, opções para reprodução de arquivos de som para a narração de uma breve orientação ao usuário, entre outras finalidades. A figura 8 mostra a reprodução de um vídeo produzido para exemplificar a reação catalisada pela enzima citrato sintase.

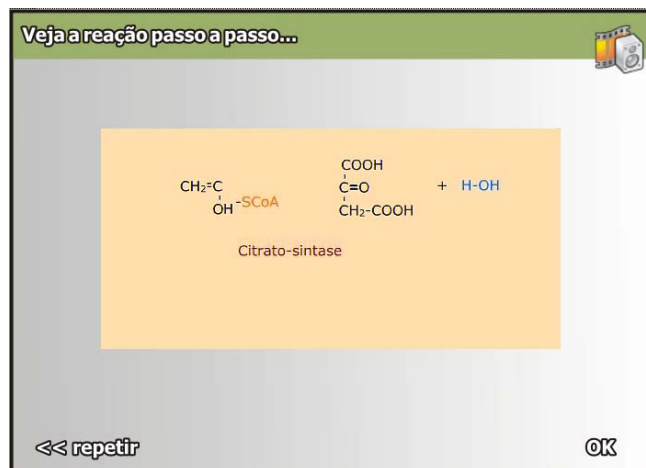


Figura 8. Exemplo de tela com reprodução de vídeo digital

Na base de dados do sistema, vão ser armazenadas todas as informações referentes aos alunos, suas ações, seus registros de utilização e, não menos importante, muitas das informações necessárias para a representação do jogo como perguntas durante o jogo e teste objetivos de escolhas

múltiplas. A arquitetura do software permite que esses dados não necessitem estar no mesmo computador no qual roda o aplicativo, porém num computador central conectado via Internet (TCP/IP) com a máquina do usuário. Isto permite que seja mantido um registro central para o caso de uso do software por uma grande quantidade de alunos, facilitando o gerenciamento dos dados pelo administrador do sistema, algo bastante difícil sem um mecanismo de distribuição de software bastante sofisticado.

O software DMDV está registrado junto ao INPI, com número 00054040. O anexo 4 contém as figuras das telas depositadas no INPI. O CD-Rom em anexo contém uma cópia do DMDV – Ciclo de Krebs.

6.2.1.2. Versão Atual

O desenvolvimento do e-Metabolismo: Glicídios está sendo feito na plataforma JAVA 2 com os dados complementares e registros armazenados remotamente em banco de dados relacional.

O e-Metabolismo permite armazenar as anotações pessoais do aluno em um “Diário de Bordo” e envia-las por e-mail para o endereço eletrônico do próprio aluno quando desejado. O sistema também armazena os passos do aluno durante sua utilização assim como índices para quantificação de desempenho – tempo, tentativas, múltiplas versões para repostas dissertativas e acertos e erros nos testes de escolha múltipla. O acesso privilegiado ao sistema pelo professor permite a ele coletar todos os registros dos seus alunos e comentar as respostas. Neste caso,

automaticamente o ambiente envia um e-mail para o aluno com o comentário e este poderá ainda retornar um novo comentário ao professor. A programação continua sob a responsabilidade de Gustavo Brendalise Lazzarotto, que descreveu as características do e-Metabolismo:

A comunicação entre o aplicativo e o sistema gerenciador do banco de dados é feita através de um serviço que é executado no mesmo servidor HTTP onde o sistema está armazenado utilizando um protocolo de comunicação proprietário sobre TCP/IP. Esse serviço foi implementado em linguagem orientada a objetos ANSI C++ e a ele cabem as tarefas de efetuar a autenticação de usuários, controle de acesso às diversas tabelas do banco de dados, cadastro e alteração de usuários e questões, armazenamento e busca dos registros de utilização e envio de e-mails. Os sistemas gerenciadores de banco de dados atualmente disponíveis para utilização na plataforma são o mySQL (“mySQL AB”,2005) e o SQLite (“SQLite”, 2005).

O sistema é disponibilizado através de uma interface applet e acessível através de um navegador web através do endereço <http://dmdv.ffcmpa.tche.br/> .

O ambiente será apresentado a seguir pelas ilustrações das telas do *software* .

Na figura 9, exemplo da tela inicial. Esta tela possui uma caixa de *login*, de acesso ao ambiente.

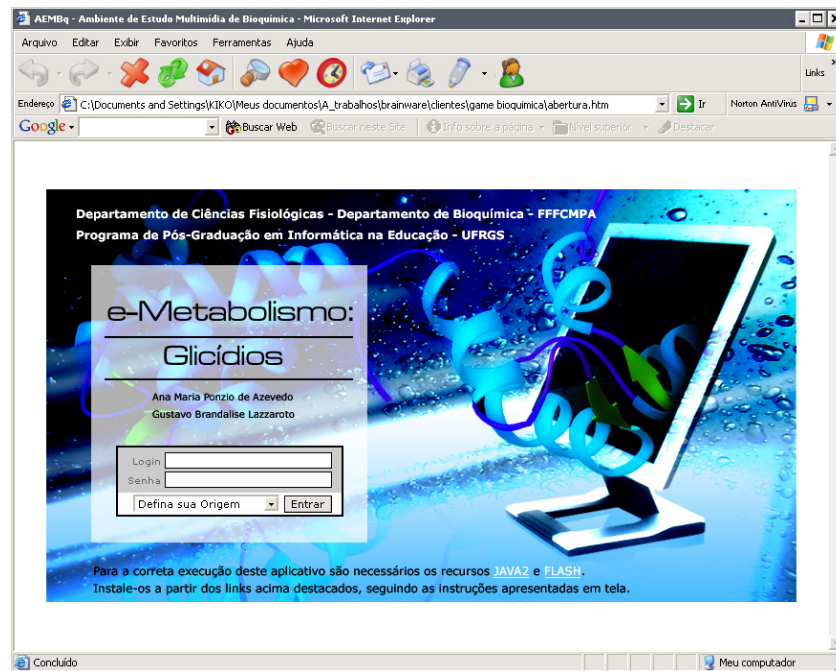


Figura 9. Interface de acesso ao software

Após fazer o seu *login* o aluno escolhe o capítulo que quer estudar. A figura 10 mostra a tela com as atividades oferecidas pelo ambiente ao aluno.



Figura 10. Interface de Tópicos do Software

Em cada capítulo são oferecidos material de apoio para o estudo e atividades interativas, que contém o jogo de seqüência lógica, DMDVs, e testes objetivos, como mostra a figura 11



Figura 11. Interface de tópicos de um capítulo do software

Na tela de jogo (DMDV), o usuário pode interagir com a interface, em forma de tabuleiro, escolhendo os compostos para montar (arrastar e colocar no local) a rota metabólica de acordo com o seu conhecimento sobre o assunto (Figura 12). Após a colocação do composto no lugar correto, uma caixa de texto é aberta, com uma pergunta para ser respondida pelo estudante, a qual o induz a fazer inter-relações e novas descobertas. O próprio estudante pode corrigir sua resposta após a consulta a um texto complementar, cujo acesso só é permitido após ter escrito a resposta. O sistema também permite ao usuário seguir adiante na atividade, sem responder a pergunta, entrar em outra atividade, ou sair. A Figura 13 mostra telas de jogo onde podem ser visualizados alguns dos recursos comentados anteriormente.

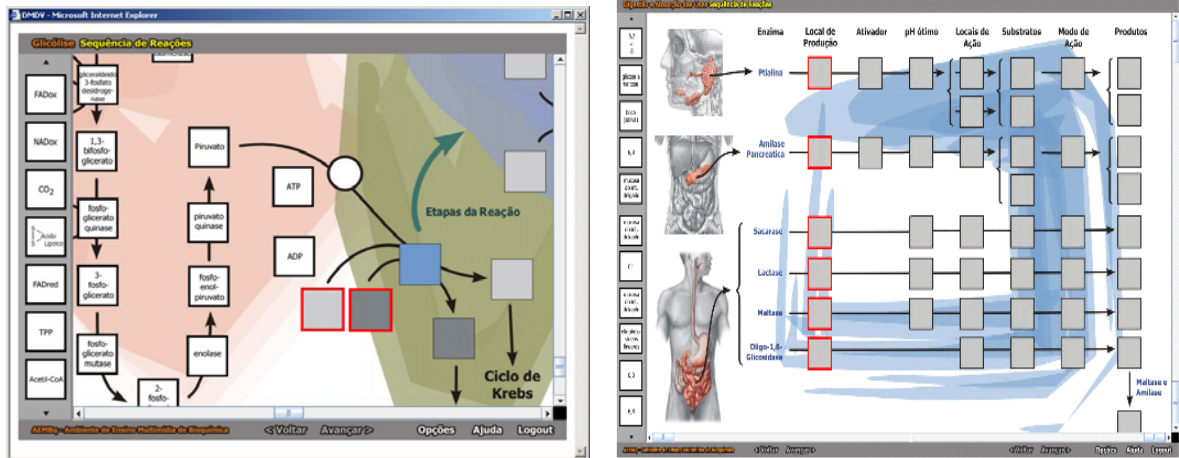


Figura 12. Telas de dois jogos do aplicativo, com interface em forma de tabuleiro e peças do tipo arrastar-soltar

Após responder a pergunta e clicar em OK, aparece uma tela e que, de acordo com a escolha do aluno, pode conduzir a um texto que contém o conteúdo tratado na pergunta. Estas telas estão mostradas na figura 14.

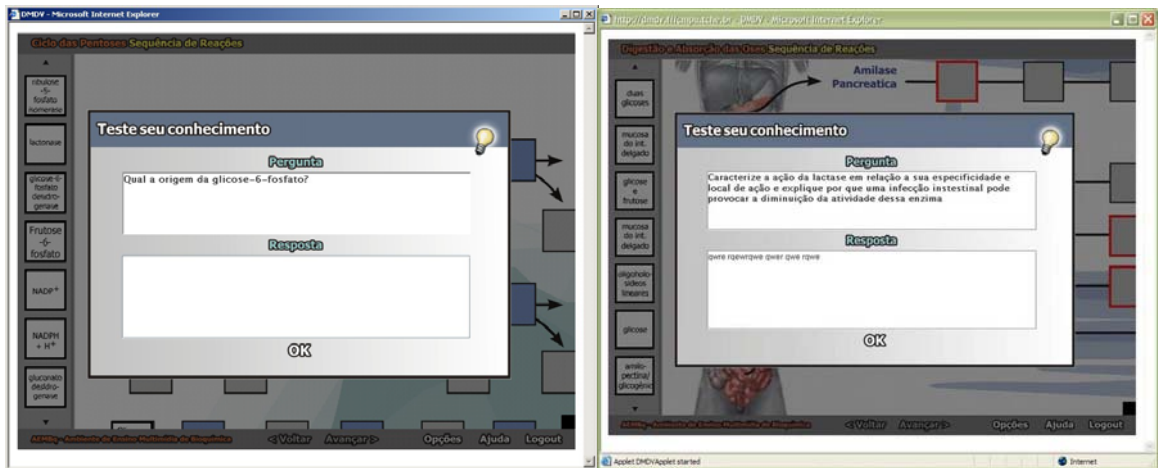


Figura 13. Telas com um jogo do aplicativo, com a interface das perguntas

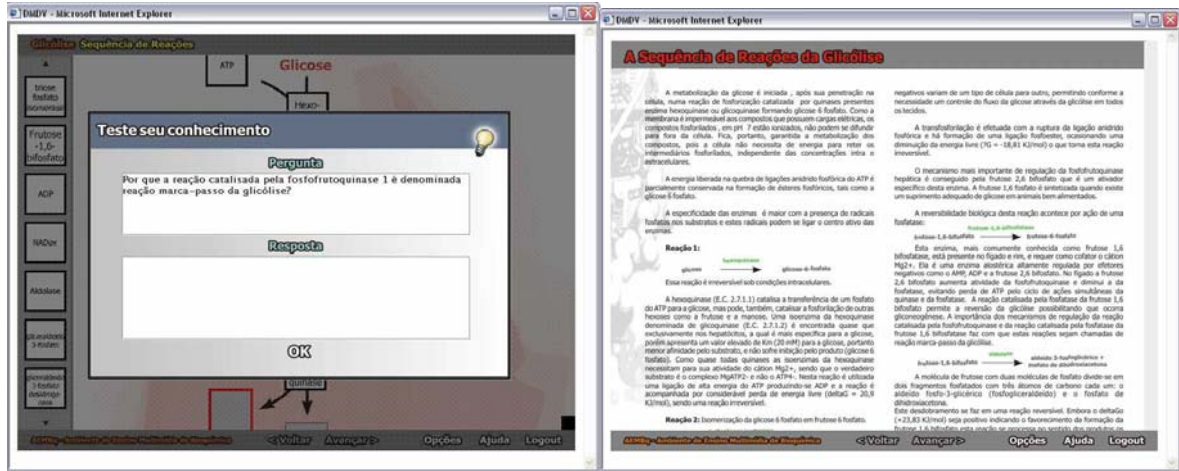


Figura 14. Tela com opções oferecidas após responder perguntas e interface do texto correspondente a pergunta

Ao completar uma reação da rota metabólica, por exemplo, a reação catalisada pela hexoquinase, aparece uma animação mostrando a reação. Na Figura 15 tem-se a interface de uma dessas animações.

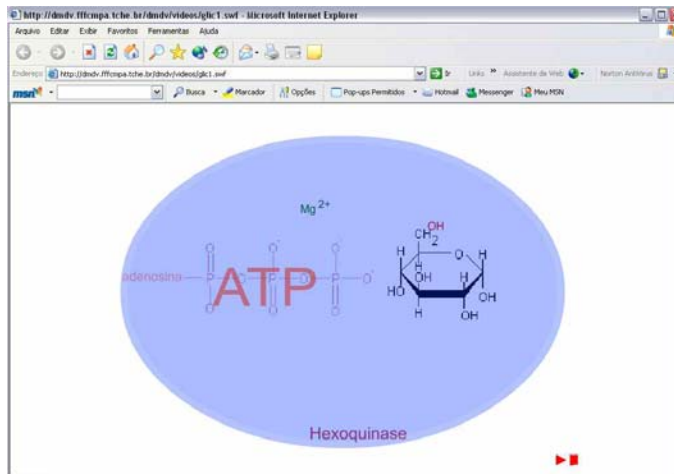


Figura 15. Interface de uma das animações

O aluno pode escolher, também, resolver testes objetivos, A figura 16 mostra a tela com um destes testes e a tela que aparece quando ele erra o teste.



Figura 16. Interface de um teste objetivo e a de aviso de erro

O software pode ser utilizado por um ou mais usuários, propiciando um ensino individualizado, que respeita o estilo de aprendizagem de cada aluno. Todas as interações de cada usuário são armazenadas em arquivo para análise posterior e cada usuário tem acesso ao seu registro no histórico disponível no menu opções (Figura 17). Esses arquivos de registro podem ser exportados para qualquer banco de dados relacional, onde é possível executar consultas que permitam o levantamento de dados estatísticos.

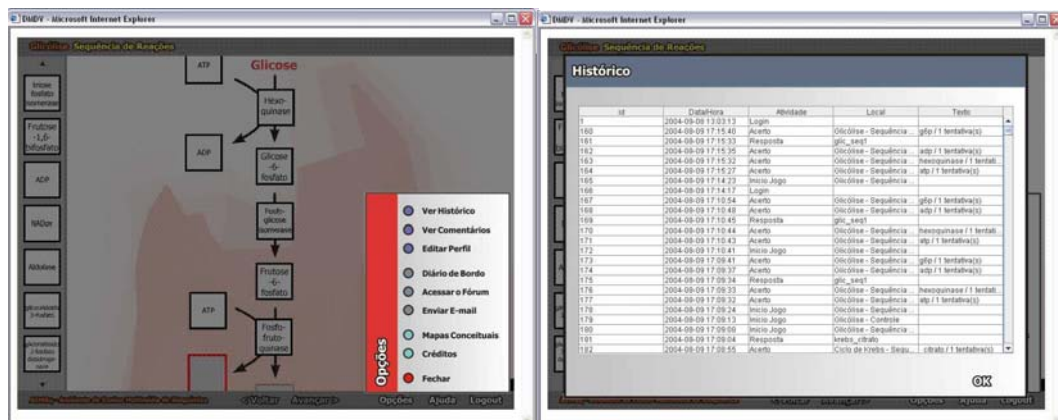


Figura 17. Tela com menu opções aberto e tela do histórico

Na Figura 18 é apresentada a interface de gerenciamento de usuários, questões e análise dos registros, implantada com sucesso na nova versão. As respostas do estudante ficam registradas no servidor e o professor, através do

aplicativo, pode comentá-las. O aluno recebe por e-mail estes comentários e pode reformular sua resposta. Após colocar a reformulação de sua resposta o professor receberá por e-mail um aviso.

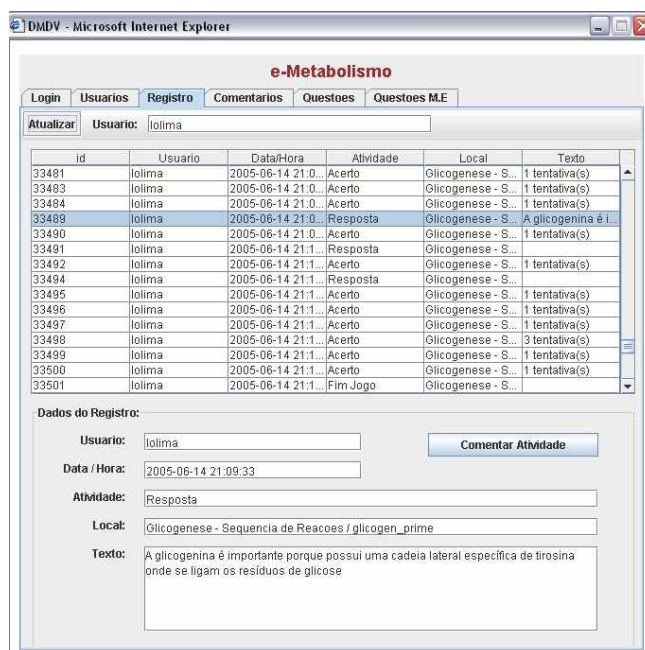


Figura 18 Interface applet para gerenciamento de usuários, questões e análise de registros.

O ambiente e-Metabolismo: Glicídios está sendo registrado junto ao INPI, como módulo para estudo de glicídios.

6.4. Recuperando os conceitos de Piaget

As atividades propostas aos alunos com o uso do e-Metabolismo: Glicídios foram elaboradas visando promover o desenvolvimento de habilidades relacionadas a níveis cognitivos mais complexos. Pressupõe-se que estes alunos, por estarem no Curso Superior, possuem esquemas mentais que os permitem fazer abstrações,

diferenciações e coordenações próprias do nível de pensamento formal, descrito por Piaget.

Os conteúdos de Bioquímica apresentam estruturas complexas que vão desde o conhecimento das biomoléculas, suas propriedades, até o metabolismo e seu controle. Desde o início do estudo deste conteúdo, o aluno necessita ter um conhecimento prévio (por exemplo, de química orgânica) e uma capacidade de representação, pensamento abstrato e inteligência operatória-formal. Espera-se que o e-Metabolismo: Glicídios permita ao aluno desenvolver o raciocínio abstrato, raciocínio hipotético e dedutivo, que inicia por hipóteses e procede segundo regras lógicas e este seria um tipo de pensamento formal baseado em operações sobre operações, no qual o pensamento emancipa-se da presença do material concreto.

Conforme Valente (2000), as estratégias metodológicas que utilizam o computador, não devem se caracterizar como formas de *automatizar a instrução* mas, para implementar atividades colaborativas e auxiliares no desenvolvimento de projetos baseados na exploração.

Pretende-se que ao utilizar o e-Metabolismo: Glicídios, no ato de jogar, os alunos consigam uma maior compreensão dos conceitos, capaz de os aproximar da realidade relacionando com aplicações práticas. O professor, nesta concepção interacionista, se coloca como mediador do processo de aprendizagem, o aluno como inter-agente e o conhecimento como resultado da ação e das interações.

Por exemplo, o aluno possui “certezas” sobre o diabetes, doença metabólica crônica que envolve distúrbios no metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas.

Quando o aluno se defronta com o paciente diabético ele se interessa em buscar explicações para as alterações apresentadas pelo paciente. Ocorre, nesse momento, uma busca ao conhecimento. A possibilidade de acesso ao jogo e o ato de jogar deve proporcionar ao aprendiz uma interação com o objeto (conteúdo a ser aprendido). Para Piaget "a experiência não é recepção, mas ação e construção progressivas" (PIAGET, 1978, p.342) Toda experiência supõe uma atividade organizadora e é necessária ao desenvolvimento da inteligência. O conceito de aprendizagem para Piaget envolve sempre uma atividade inteligente, através da descoberta (abstração empírica) ou invenção (abstração reflexionante). Os interesses espontâneos dos alunos refletem com freqüência um desequilíbrio e podem constituir fontes de motivação.

Na concepção de Piaget, a motivação é o elemento afetivo que impulsiona as estruturas do conhecimento e dá origem a um esforço a ser desenvolvido. Quando um problema desafia a inteligência da criança, ela tem necessidade de agir para restabelecer o equilíbrio. Piaget chama isso de desequilíbrio ou conflito cognitivo. E os jogos, como uma forma de atividade inerente ao ser humano, são ideais para que se consiga motivar o aluno e criar desafios.

Para promover a aprendizagem não é suficiente apenas que o aluno faça alguma ação ao navegar pelo e-Metabolismo: Glicídios, uma vez que a ação não é a única fonte do conhecimento e nem todo agir traz consigo algum conhecimento. Ação é condição necessária, mas não suficiente do conhecimento. É preciso que novas ações ou ações habituais sejam transferidas para novas circunstâncias (KESSELRING, 1990) É necessário promover *equilibrações*, descentralizações,

processos de reversibilidade para que ocorra o desenvolvimento cognitivo por meio de abstração reflexionante. Segundo Piaget, não existem conhecimentos inatos, mas uma organização que permite adquirir conhecimentos (KESSELRING, 1990). O conceito de aprendizagem para Piaget (1978) envolve sempre uma atividade inteligente, por meio da descoberta (abstração empírica) ou invenção (abstração reflexionante).

Para ocorrer aprendizagem o sujeito necessita interagir com o objeto, desenvolvendo progressos da assimilação conforme ocorra acomodação dos esquemas à experiência, ou conforme palavras de Piaget (1978, pg 386):

“...as relações entre o sujeito e o seu meio consistem numa interação radical, de modo que a consciência não começa pelo conhecimento dos objetos, nem pela atividade do sujeito, mas por um estado diferenciado; e é desse estado que derivam dois movimentos complementares, um de incorporação das coisas ao sujeito, outro de acomodação às próprias coisas”.

Outro aspecto considerado no desenvolvimento do aplicativo é que ele possa possibilitar o estudo em grupos com o uso das ferramentas como fóruns, chats ou mesmo o próprio correio eletrônico. Estas atividades seguem as idéias de Piaget em relação ao nível em que se supõe encontrar os alunos, nível das operações formais, quando adolescente começa a identificar-se não apenas com pessoas, mas com grupos. Orienta-se mais pelos ideais do que pelas pessoas. Buscou-se no e-Metabolismo: Glicídios enriquecer o ambiente de estudo, considerando que segundo Piaget o meio social influi na velocidade do desenvolvimento. Onde o ambiente social é pouco estimulante, o desenvolvimento decorre mais lento.

6.5. Apropriando as idéias de Piaget para o software

No jogo, todas as ações interativas pressupõem que, para montar o jogo de seqüência lógica, em primeiro lugar o aluno deverá ter compreendido as instruções: reconhecer o código da língua e interpretar as regras de significação e operação. A seguir, vai observar o conjunto da tela e para isso deverá desenvolver uma percepção global do tabuleiro virtual, antes de reconhecer a imagem que procura (a peça que vai dar início à seqüência) e, sobretudo, antes de focalizar no detalhe. Para iniciar o jogo, deve escolher a peça que representa o substrato inicial da rota metabólica em estudo e que deverá ser colocada na caixa assinalada em vermelho. Neste momento, vai ter que reconhecer não só a imagem das fórmulas, mas comparar com um esquema mental que eventualmente tenha arquivado, de *tabuleiro* e de *seqüência de ações* a serem identificadas, planejadas e executadas. Quando executar realmente a tarefa de escolher uma fórmula e arrastar, já estará realizando uma abstração e conceituação (significado do símbolo): a fórmula é uma imagem que contém uma seqüência de significados, ele estará acessando o seu esquema mental de significados bioquímicos e relacionar com o conhecimento que já ele possui de outras rotas metabólicas. Para realizar esta atividade, o aluno obrigatoriamente terá que fazer relações e diferenciações entre *enzimas* e *substratos*, visualizará a transformação ocorrida no substrato pela análise dos elementos que o formam.

Caso o aluno acerte a peça, supõe-se que se sentirá motivado a prosseguir, responderá perguntas formuladas que deverão provocar uma reflexão sobre a ação

anterior, possibilitando a compreensão do processo. Após responder a pergunta, o aluno pode escolher entre seguir adiante, consultar um texto complementar e voltar e reformular sua resposta. Essa ação permite que o próprio aluno corrija ou complemente a sua resposta. Como no ambiente fica registrada toda ação do aluno o professor poderá analisar a resposta e acompanhar o raciocínio do aluno.

A figura 19 apresenta o mapa conceitual, construído no *software CMaps Tools*¹², como forma de apresentar o aplicativo e-Metabolismo: Glicídios, relacionando as atividades disponibilizadas com as possíveis estruturas cognitivas ativadas no aluno e com algumas de suas possíveis relações com os conceitos de Piaget. Estas possíveis relações estão, também apresentadas no quadro 3, a qual foi desenvolvida para auxiliar a formulação entre as atividades, os possíveis processos cognitivos e alguns conceitos de Piaget.

¹² Disponível em <http://cmap.ihmc.us/Index.html>

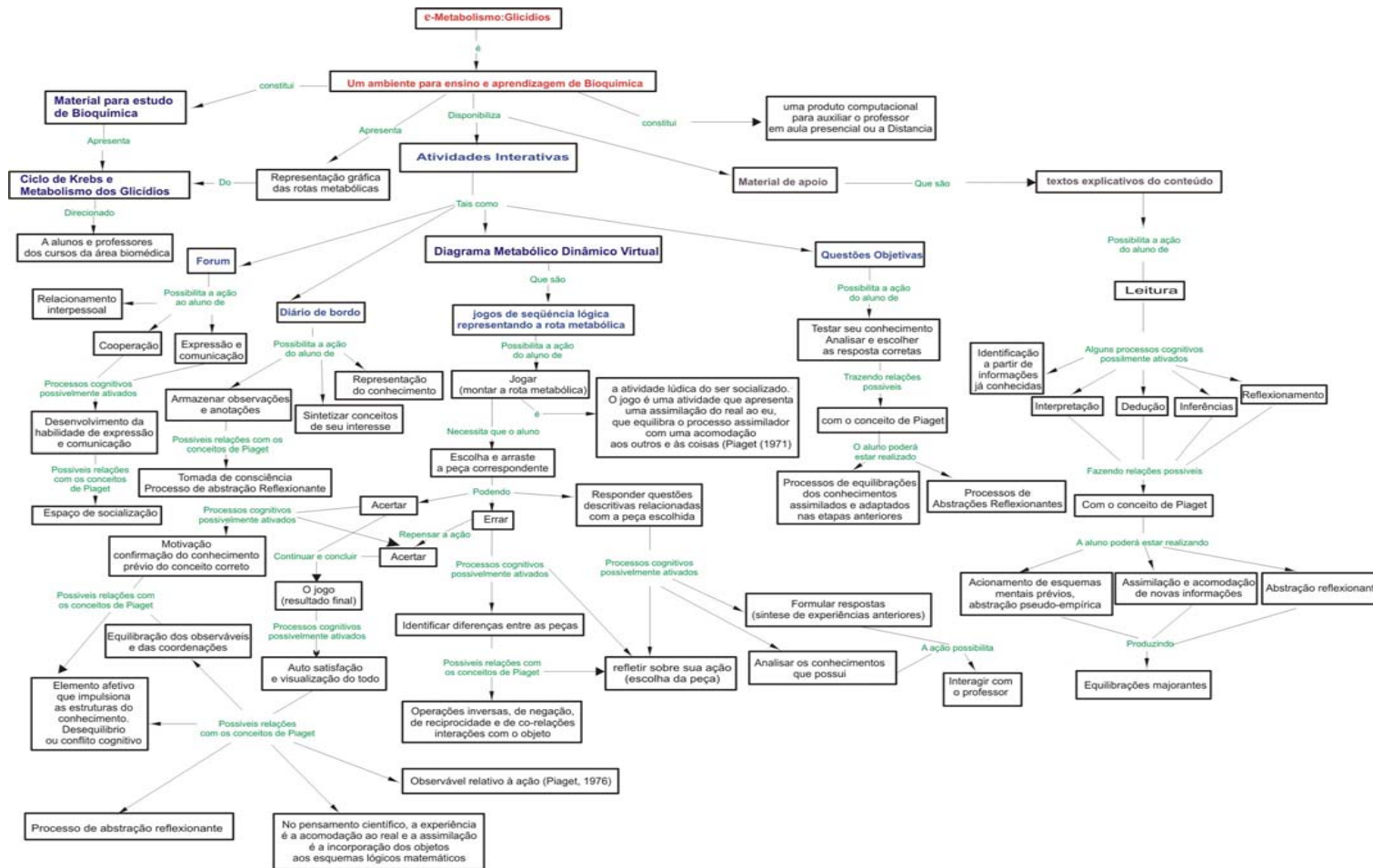


Figura 19. Mapas Conceitual do e-Metabolismo: Glicídios

Tipo de atividade proposta ao aluno com uso do ambiente	Processos cognitivos possivelmente ativados	Possíveis relações com o conceito de Piaget.
Leitura de Texto	Identificação a partir de informações já conhecidas Interpretação Deduções Inferências	Ao ler o texto supõe-se que o aluno estará identificando conhecimento prévio (<i>mobilizando esquemas mentais prévios, acionamento de abstração pseudo-empírica, ativando reflexionamentos</i>) - <i>assimilação</i> de novas informações de acordo com o que os esquemas de assimilação pré-existent permitem que retire da experiência cognitiva (novos esquemas mentais)
Representação Gráfica das rotas metabólicas	Reconhecimento e processamento visual Conexão com linguagem verbal e significado Processamento de símbolos – abstração	Visualização de conceitos abstratos, apoio concreto à <i>assimilação</i> de informação. <i>Coordenação entre esquemas</i> mentais visuais, lingüísticos e abstratos (símbolos)
Atividades Interativas: o ato de jogar Escolher a peça e arrastá-la para o local correto	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação das peças e do tabuleiro, - reconhecimento de conceitos prévios - Representação mental do encadeamento das reações, no formato (modelo) do tabuleiro - categorização (seleção e comparação) de conceitos e fenômenos (as peças apresentam substratos e enzimas, que devem ser identificadas e posicionadas) - generalização para outros conceitos e fenômenos (há uma semelhança para todos: sempre uma enzima vai atuar sobre um substrato e provocar uma transformação) 	Processo de abstração pseudo-empírica dos observáveis: - “observável relativo à ação”, isto é, reconhecimento “dos objetos ou das ações dos sujeitos em suas características materiais” Piaget (1976) Processo de abstração reflexionante “observável relativo à ação” O objeto é “modificado pela ação do sujeito e enriquecido de propriedades tiradas de suas coordenações” (Piaget, 1976 p.303) Ao construir a rota, o aluno não estará simplesmente interagindo com o objeto, mas relacionando seus próprios observáveis às suas ações sobre o objeto. Possivelmente realizando operações lógico-matemática. Ao fazer isso, nesse ambiente, que desafia à ação, o aluno estará <i>interferindo</i> com o objeto, representando sua tentativa de agregar um novo conhecimento (função do <i>observável relativo à ação</i>). Ao arrastar as peças, com o objetivo de montar a seqüência lógica da reação (o jogo), estará realizando um processo que poderia ser considerada a “coordenação que recai sobre as propriedades momentâneas do objeto, mas neles introduzidas pelo sujeito” (Piaget, 1976, p. 48)

Quadro 3. Relação entre atividades propostas no e – Metabolismo: Glicídios, os possíveis processos cognitivos ativados e as possíveis relações com os conceitos de Piaget

Atividade	Processos cognitivos possivelmente ativados	Possíveis relações com o conceito de Piaget.
Acertar a peça	Motivação (confirmação do conhecimento prévio do conceito correto)	Aspecto cognitivo ou afetivo da ação Seguindo-se a mesma interpretação da teoria de Piaget, sugere-se que o aluno estará realizando um tipo de interação característica das formas lógico-matemáticas, nas quais irá, primeiramente, realizar atividades ou operações de seriação e correspondência. O passo seguinte do jogo implicará uma aplicação ao objeto do resultado de sua operação anterior, que será uma nova ação, capaz de modificar o objeto (encadeamento de relações e classificação)
Errar a peça	tentar novamente	Relações e diferenciações. Atualizar a informação que está arquivada: a resistência dos objetos a se deixar modificar, a qual, nesse caso, ocorre quando o sistema recusa a peça escolhida pelo aluno, que não corresponde ao lugar correto na rota metabólica (tabuleiro).
O resultado final do jogo	Auto-satisfação e visualização do todo	Seria a forma característica descrita no processo de Piaget, qual seja, a nova forma do <i>objeto enriquecido pela ação do sujeito</i> . Assim, não se perdem as modificações do objeto feitas pelo sujeito e, ao mesmo tempo, mantêm-se as novas formas construídas, que enriquecem seu conhecimento. Interações deste tipo exprimiriam a forma mais simples da equilíbrio, que se estabelece entre assimilação de informações novas a um esquema mental prévio, e a respectiva acomodação do sistema, supondo-se que o sujeito possa ter acesso a elementos compatíveis com os níveis concreto, operatório, formal e hipotético-dedutivo, todos eles presentes, em variados momentos ao longo do jogo
Responder questões relacionadas com a peça escolhida	Refletir sobre sua ação (escolha da peça). Analisar conhecimentos que possui e formular a resposta (síntese de experiências anteriores).	Esquema mental sofre modificação, assimilação e acomodação que conduz à equilíbrazões (Piaget,1976).
Registro no diário de bordo	Armazenar observações e anotações. Habilidade cognitiva de análise e síntese	O aluno estaria tomando consciência de sua própria trajetória, em um possível processo de abstração reflexionante.
Fóruns	Comunicação Relacionamento interpessoal Cooperação Habilidade de expressão	O espaço da socialização, no qual o aluno pode compartilhar conhecimento.
Resolução de testes objetivos	Testando o seu conhecimento Analisa e escolhe a resposta correta	Ao resolver testes objetivos o aluno realiza um processo de equilíbrio dos conhecimentos assimilados nas etapas anteriores
Construção de mapa conceitual	Representação do conhecimento	Exteriorização dos processos mentais que foram assimilados e adaptados, formando novos esquemas mentais. Abstração reflexionante durante o processo de operação com os conceitos.

Quadro 3. (continuação) Relação entre atividades propostas no e – Metabolismo: Glicídios, os possíveis processos cognitivos ativados e as possíveis relações com os conceitos de Piaget

Uma vez identificadas possíveis apropriações dos conceitos de Piaget no planejamento e na elaboração do *software*, serão feitas observações qualitativas, ao longo das experiências de utilização pelos alunos, que possam corroborar essas suposições. Futuramente, poderão ser desenvolvidos instrumentos mais precisos de observação e monitoramento dessas atividades (como por exemplo, testes psicométricos ou técnicas da neurociência), não sendo objeto desta tese.

6.6. Considerações Gerais sobre o ambiente de ensino e aprendizagem

O aluno, ao usar o e-Metabolismo: Glicídios, tem autonomia para escolher qual atividade quer fazer e qual o tempo que ficará em cada uma delas, bem como repetir, se achar conveniente. Usado como instrumento integrado a projeto pedagógico interacionista, viabiliza ao aluno a possibilidade de construir seu próprio conhecimento sobre o tema, visualizando as rotas metabólicas e sua dinâmica, o que permite uma compreensão das fórmulas, de forma didaticamente operacional.

O ambiente está preparado para:

- I. atrair a atenção do aluno através de apresentações de novidades, tais como uma animação em vídeo de uma reação, mostrando as transformações que a molécula do substrato sofre e o papel da enzima ou ainda a abertura de um texto explicativo onde o próprio aluno corrige sua resposta a questões formuladas;

- II. despertar curiosidade com apresentação de questões ou problemas, com várias possibilidades de abordagem;
- III. apresentar conteúdos relevantes ao ensino de Bioquímica, além da definição clara dos objetivos da atividade proposta e utilidade do conhecimento a ser adquirido;
- IV. desenvolver a confiança através da obtenção do sucesso na realização das tarefas interativas;
- V. apresentar desafios que levem ao sucesso como uma decorrência do esforço e da aprendizagem, como por exemplo em completar o jogo, representando a rota metabólica;
- VI. causar satisfação considerando a possibilidade de utilizar o conhecimento ou a habilidade recém adquiridos e oferecer um bom feedback e reforço para o aluno.

O e-Metabolismo: Glicídios poderá ser usado como ferramenta de ensino em classes presenciais ou à distância. Ao professor é facultada a escolha da prática pedagógica que preferir, em função da necessidade do curso, do tempo disponível para a atividade no conjunto do curso e, inclusive, do seu próprio projeto pedagógico. Isto significa que o material pode ser usado apenas como tecnologia e agregação de valor à apresentação do conteúdo, bem como à capacidade do próprio professor para representação dinâmica de um assunto tradicionalmente considerado difícil e árido.

Também poderá ser usado para propor aos alunos atividades pedagógicas de natureza interacionista, nas quais serão motivados a interagir com o material, pesquisando soluções aos desafios apresentados pela natureza do próprio jogo de tabuleiro, cuja dinâmica engendra necessidades de busca dos conteúdos técnicos e também oferece redundância de informações gráficas, sonoras e dinâmicas, através das mídias. Pode também ser integrado a ambas as situações, caracterizando-se como um material didático-pedagógico flexível, possível de ser associado a múltiplas intenções.

7. EXPERIÊNCIAS COM O USO DO e-METABOLISMO: GLICÍDIOS

“(...) que tudo o que o aluno construiu até hoje, em sua vida, serve de patamar para continuar a construir e que alguma porta abrir-se-á para o novo conhecimento - é só uma questão de descobri-la; ele descobre isso por construção”.

Fernando Becker, 1994, p.92

Neste capítulo, serão relatadas as experiências realizadas com os alunos e outros professores, na medida em que o *software* foi sendo desenvolvido, com o objetivo não só de validar o produto junto a especialistas como de testar sua eficiência e corrigir possíveis erros. Durante os três anos o ambiente foi analisado por grupos de monitores e professores, visando avaliar a operacionalidade do ambiente. O conteúdo de Bioquímica da primeira versão¹³ operacional do DMDV¹⁴, gravada em CD-ROM, em 2003, apresentava somente o conteúdo do Ciclo de Krebs e foi testada com os alunos matriculados na disciplina de Bioquímica do curso de Medicina, em 2003. A partir dos resultados dessas primeiras experiências, das sugestões dos professores e das observações feitas durante os testes, foi possível melhorar o *software*, acrescentar novos conteúdos (como a fosforilação e interconversão das oses e a glicólise) e, também, disponibilizar o *software* para uso

¹³ Esta mesma versão foi apresentada na XXXIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular em Caxambú, 2004, e alguns professores de Bioquímica avaliaram o *software* e pediram autorização para usá-lo com os seus alunos

na intranet da FFFCMPA. A segunda versão foi testada com nova turma de monitores de Bioquímica e com os alunos regularmente matriculados na disciplina de Bioquímica no primeiro semestre de 2004. A versão atual, contendo além do Ciclo de Krebs o Metabolismo dos Glicídios, disponível na Internet, foi testada com os alunos do curso de Ciências Biológicas – ênfase Medicina da FFFCMPA.

7.1. Avaliação do ambiente

A primeira versão do *software* foi testada com quatro grupos diferentes. O primeiro grupo foi composto por 11 monitores da disciplina Bioquímica da FFFCMPA em 2003, o segundo grupo formado por nove monitores da mesma disciplina em 2004, o terceiro grupo com 14 alunos da disciplina de Bioquímica do curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Rio Claro, no primeiro semestre de 2005, e o quarto grupo formado por oito alunos da disciplina de Bioquímica do curso de Farmácia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Os componentes dos dois primeiros apresentavam com conhecimento maior do conteúdo e, assim como os outros dois grupos, avaliaram o ambiente com objetivo de testar o funcionamento do *software* quanto a sua navegabilidade, acessibilidade, interesse e satisfação com o uso.

O grupo de 11 monitores da disciplina de Bioquímica da FFFCMPA, em 2003, analisou o DMDV, respondendo a um questionário (anexo 5). Vários comentários e

¹⁴ A primeira versão foi denominada DMDV e a versão atual se transformou num ambiente educacional interativo que contém o jogo DMDV, denominada e-Metabolismo: glicídios pode se estar usando neste trabalho as duas denominações, inclusive nos comentários dos alunos.

observações foram colocados na folha, a maioria delas parabenizando pela iniciativa de fazer um material tão bom. Uma das monitoras sugeriu que se colocasse um relógio na tela, pois o jogo era tão envolvente que o aluno pode acabar perdendo outras aulas. Outros sugeriram aumentar o tamanho das fórmulas apresentadas nas peças.

A Figura 20 apresenta o gráfico com os resultados da avaliação do ambiente, em porcentagem de aceitação, dos quatro grupos. A análise dos resultados mostrou que os alunos e monitores consideraram o ambiente apresenta facilidade no uso (aproximadamente 91% de aceitação), sendo este o item de maior pontuação e os dois pontos que receberam menor pontuação (78,5% de aceitação) foram a quantidade de informação por tela e reversão de ações. Constatou-se, a partir dos resultados obtidos, que o *software* apresenta bom funcionamento quanto a sua navegabilidade, acessibilidade e operacionalidade.

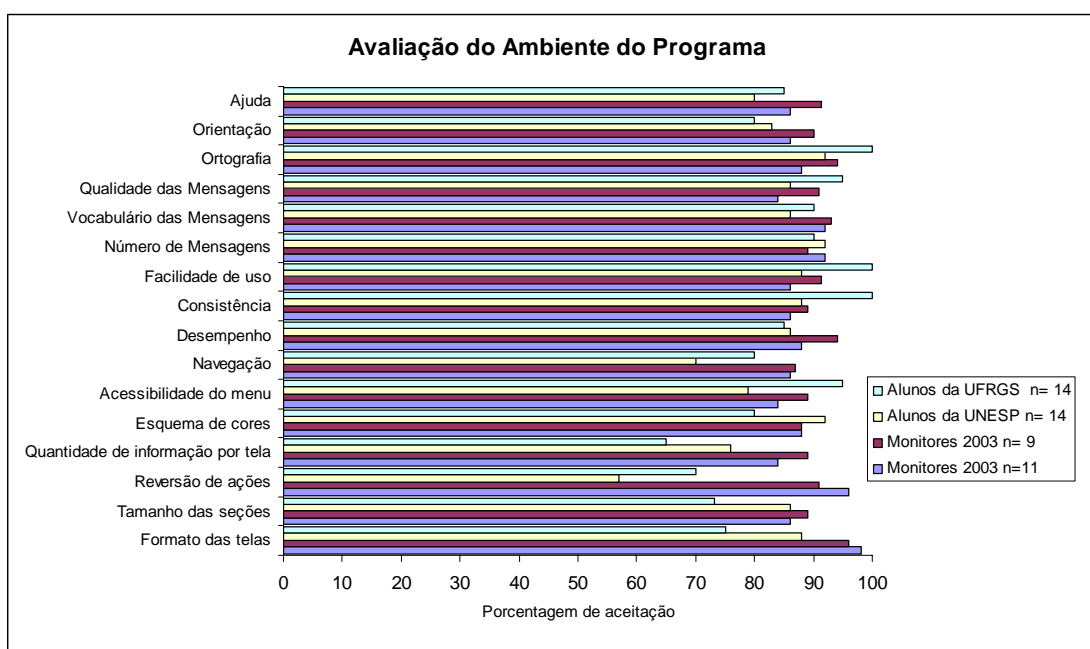


Figura 20. Gráfico da Avaliação do Ambiente de Programa (porcentagem de aceitação)

7.2. Primeira Experiência - ano 2003

A primeira versão do *software* foi testada com os alunos regularmente matriculados na Disciplina de Bioquímica da FFFCMPA naquele ano, com o objetivo de verificar se o método de estudo do DMDV promoveu a aprendizagem no aluno.

Foi pedido aos alunos que assinassem uma ficha de consentimento informado (anexo 6) para participarem do teste. Os alunos que aceitaram participar foram divididos, aleatoriamente, em três grupos A, B e C. O grupo A, composto por 24 alunos, utilizaria o DMDV na sala de aula informatizada durante duas horas, o grupo B, formado por 23 alunos, faria o estudo com o DMD (mesmo jogo, versão em tabuleiro) e um monitor durante as mesmas duas horas de aula e o grupo C, com 28 alunos, faria o seu estudo livre, em livros e apontamentos.

Para monitorar o conhecimento prévio do aluno sobre o conteúdo de Bioquímica já tratado anteriormente em aula expositiva e o conhecimento adquirido durante as atividades já descritas (DMDV, tabuleiro ou livros), utilizaram-se três mapas conceituais: um deles antes da experiência, outro logo após sua realização e um terceiro mapa dois meses após. Sugere-se que primeiro mapa mostre o conhecimento prévio do aluno em relação aos conceitos que seriam trabalhados; o segundo a influência do método de estudo; e o terceiro a consolidação do conhecimento adquirido. O fato destes alunos já terem trabalhado com mapas conceituais e de se já ter sido feito um trabalho prévio sobre o uso dessa ferramenta associada ao Jogo DMD como estratégias pedagógicas de ensino e aprendizagem

de Bioquímica (AZEVEDO et al., 2003) na disciplina de Bioquímica nos indicou este instrumento como válido na avaliação da aprendizagem do aluno.

Para a construção do mapa conceitual foram utilizados apenas papel, lápis e canetas. O professor só analisou os mapas após a entrega do terceiro mapa, dois meses após o início do teste.

O grupo C não pode ser considerado, pois ao entregarem o segundo mapa conceitual os alunos declararam que o construíram durante o estudo para prova, podendo ser observado termos próprios de autores de livros textos de Bioquímica.

Os alunos dos grupos A e B após terem feito o mapa conceitual dirigiram-se, respectivamente, para o laboratório de informática e para a sala de aula com o monitor.

7.2.1. Acompanhamento da aula no laboratório de informática

No laboratório de informática, todos os alunos do grupo A, tinham sido cadastrados e possuíam a senha de acesso e entraram facilmente no ambiente. Foram feitas as seguintes observações sobre a atitude dos alunos: no início da atividade o silêncio na sala indicou uma grande concentração. Nenhum aluno leu as orientações de uso do DMDV disponíveis no item ajuda. Após os primeiros minutos começaram a solicitar orientação do professor e do bolsista (programador do *software*) que estava presente¹⁵.

¹⁵ No laboratório de informática onde os alunos usaram o DMDV estiveram presentes além de mim (Ana Maria, professora da Disciplina), o Gustavo (bolsista, programador), Dra Maria Izabel Timm (jornalista), Prof Dr Milton Zaro (orientador deste projeto), Marie-Christine Fabre e Gilse Falkembach. Todos auxiliaram nas anotações das observações da atitude dos alunos, sendo que as observações

Observações qualitativas registradas pelo professor e outros observadores presentes indicaram que os alunos gostaram do jogo de seqüência lógica, ficaram empolgados quando acertaram o local da peça, tentaram responder as perguntas e descobriram o texto complementar, conferiram e corrigiram ou completaram suas próprias respostas. Algumas observações anotadas:

- Alguns começam a estudar em dupla (lado a lado): num computador abrem o texto e no outro o jogo, ficam animados e atentos, fazem relações entre o conteúdo.

- Gostam das animações das reações.

- Outros estudam sozinhos e calados.

- Uma aluna fica empolgada por descobrir a relação entre a síntese de ATP na Cadeia Respiratória com o Ciclo de Krebs, vibra, pois embora já tenha feito a prova sobre a Cadeia Respiratória só neste momento se deu conta da relação, embora já tivesse até sido perguntado em prova.

- Outra aluna escolhe só ler o texto, fica concentrada, faz anotações no caderno.

- Foi necessário apoio para visualizar a fórmula do composto (substrato), ninguém descobre sozinho que ao apertar o botão da direita do mouse em cima da peça aparece a fórmula.

- Nas questões objetivas mais difíceis eles abandonaram depois de errar mais de duas.

Comentários feitos por alguns alunos:

- *“é bom quando surgem dúvidas, porque faz a gente entender”*
- *“é legal, só que é difícil”*
- *“Vai ser colocado na internet? Porque é bom para a gente estudar”*
- *“a gente se força a estudar e isso é legal. Se fosse em casa já tinha pegado um livro e visto a resposta. Aqui a gente fica tentando”.*
- *“tem que ir tentando, tu erras e tenta de novo”.*
- *“é um outro método para a gente usar e funciona”.*
- *“Isso aqui é muito legal”*
- *“Cara dá para fazer mais de uma vez”*
- *Questões objetivas – diversão: “É aqui que a gente descobre que é burro”*
- *“Entre duas horas no livro e duas horas aqui, eu prefiro aqui”.*
- *“Ana Maria eu gostei”*
- *“Que lindo”*
- *“Que material bom para estudar”*
- *“Eu posso copiar alguma coisa?”*
- *“E se eu não souber responder as perguntas?”*
- *“Já está no fim da aula, nem percebi. Se eu tivesse estudando num livro já tinha parado há muito tempo, nem percebi que já passou duas horas”*

A seguir, na figura 21, algumas fotos dos alunos¹⁶ usando o DMDV.

¹⁶ O CD, que acompanha este projeto contém outras fotos e um vídeo dos alunos usando o DMDV no laboratório de informática em 2003



Figura 21. Fotos dos alunos usando o DMDV. Laboratório de Informática da FFFCMPA – Maio de 2003

7.2.2. Análise dos mapas conceituais

“O conhecimento consiste essencialmente, com efeito, não apenas em adquirir e acumular informações, mas ainda e sobretudo (porque sem isso estas ficariam inoperantes e por assim dizer cegas) em organizá-las e regulá-las por sistemas de autocontroles orientados no sentido de adaptações, isto é, no sentido da solução de problemas”.

(PIAGET, 2003, p77)

Os mapas conceituais de todos os participantes foram utilizados para avaliar o conhecimento prévio e o adquirido com o uso *software*¹⁷. Algumas observações gerais puderam ser realizadas a partir da análise do conjunto. Os mapas iniciais indicam que todos os alunos possuíam algum conhecimento prévio sobre o conceito proposto. Todos os mapas conceituais finais mostraram uma expansão dos conceitos em relação aos mapas conceituais iniciais, o que pode ser percebido até mesmo pela observação do tamanho dos grafos. Alguns mapas conceituais iniciais apresentaram um pequeno número de conceitos e relações. A observação puramente visual comparativa entre os três mapas de cada participante mostra que houve uma agregação de novos elementos, reforçando a oportunidade do uso de mapas conceituais na aprendizagem (MOREIRA, 1987 e AMORETTI, 2000.). Os alunos com menor conhecimento prévio (menos representações no mapa inicial) apresentaram maior expansão do mapa conceitual final, como mostra, por exemplo, a figura 22 e 23¹⁸.

¹⁷ Os mapas conceituais de todos os participantes digitalizados e podem ser visualizados no CD-Rom em anexo.

¹⁸ Estão sendo colocadas como ilustrações os mapas conceituais dos dois grupos de participantes o que irá, também, apoiar a interpretação de que ambos os grupos apresentaram resultados semelhantes

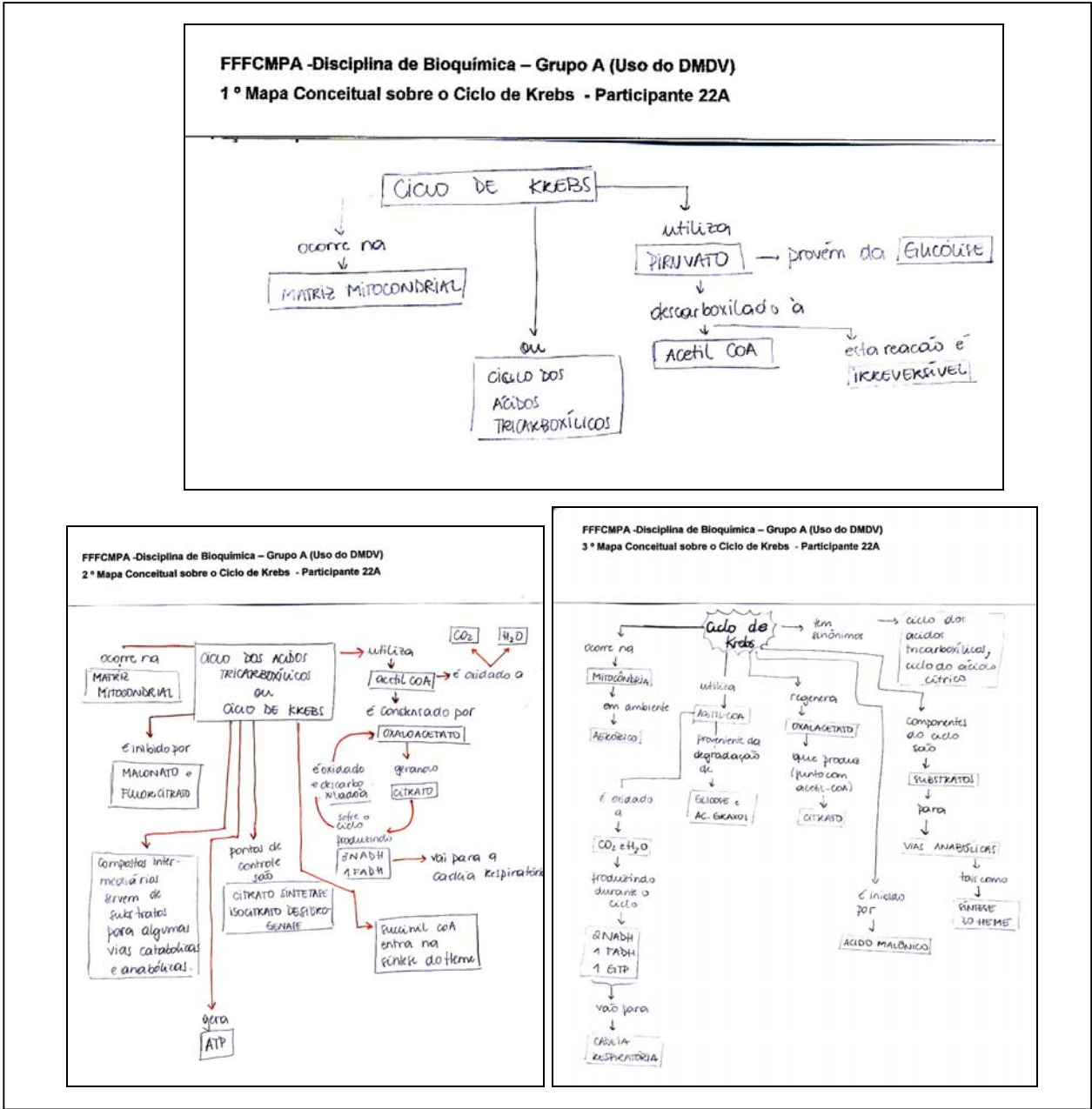


Figura 22. Mapas Conceituais do participante 22A

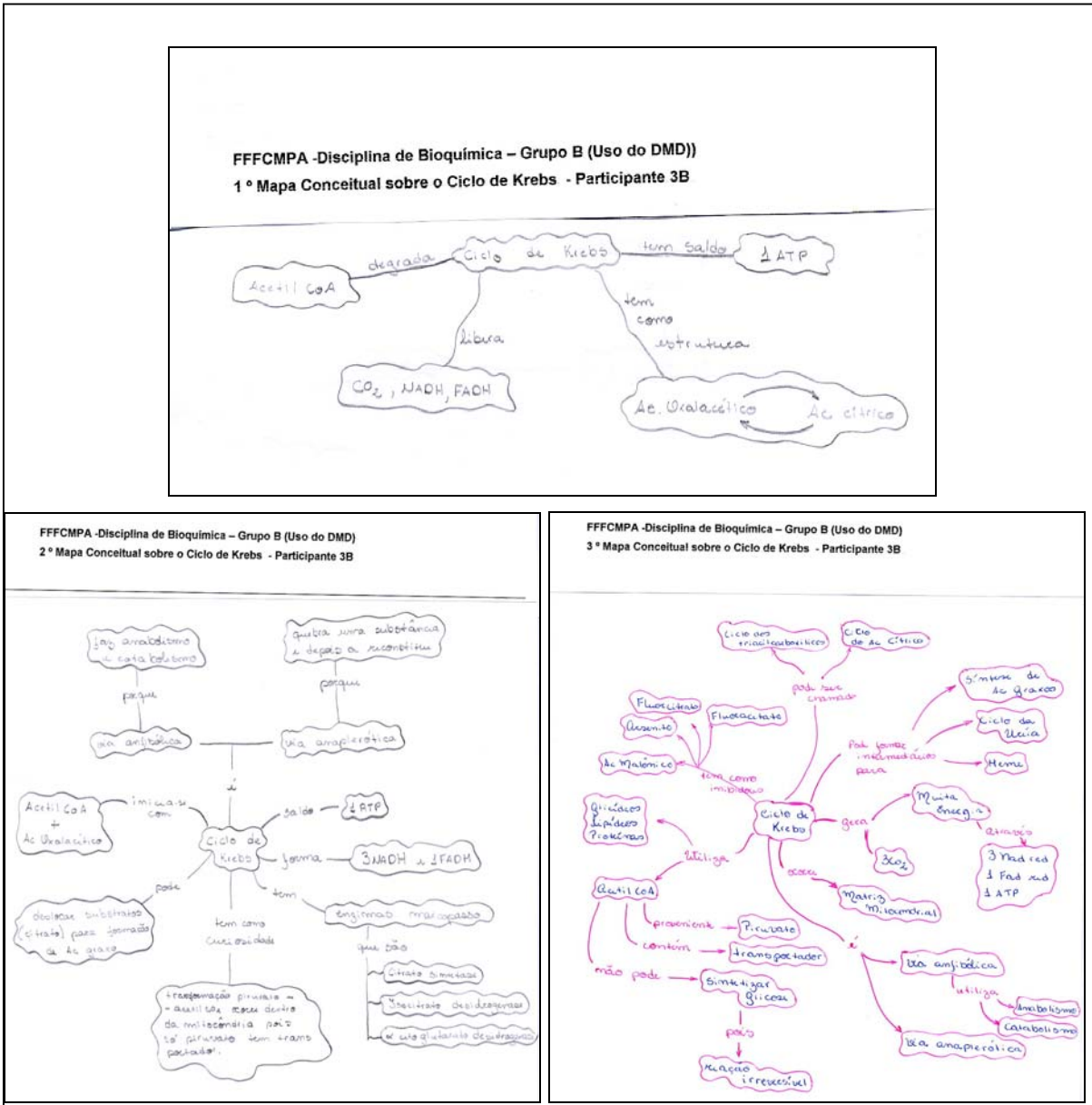


Figura 23. Mapas Conceituais do participante 3 B

Com raras exceções, tanto o mapa conceitual inicial como o final de todos os participantes foram coerentes, porque não apresentaram conceitos ilógicos ou mal empregados. Também foram objetivos, apresentando um resumo dos pontos tratados. Exemplos dessas características pode ser visto na figura 24 e 25

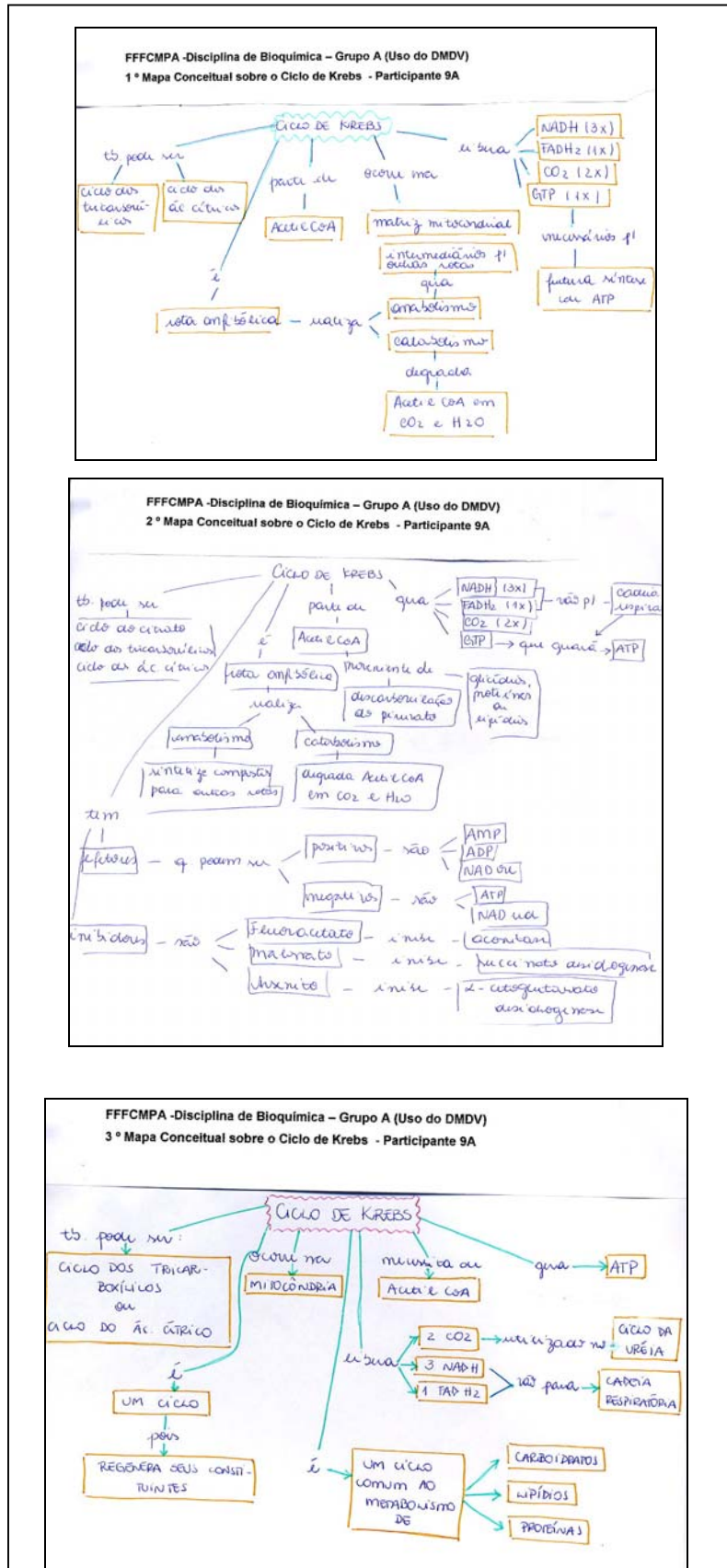


Figura 24. Mapas Conceituais do participante 9A

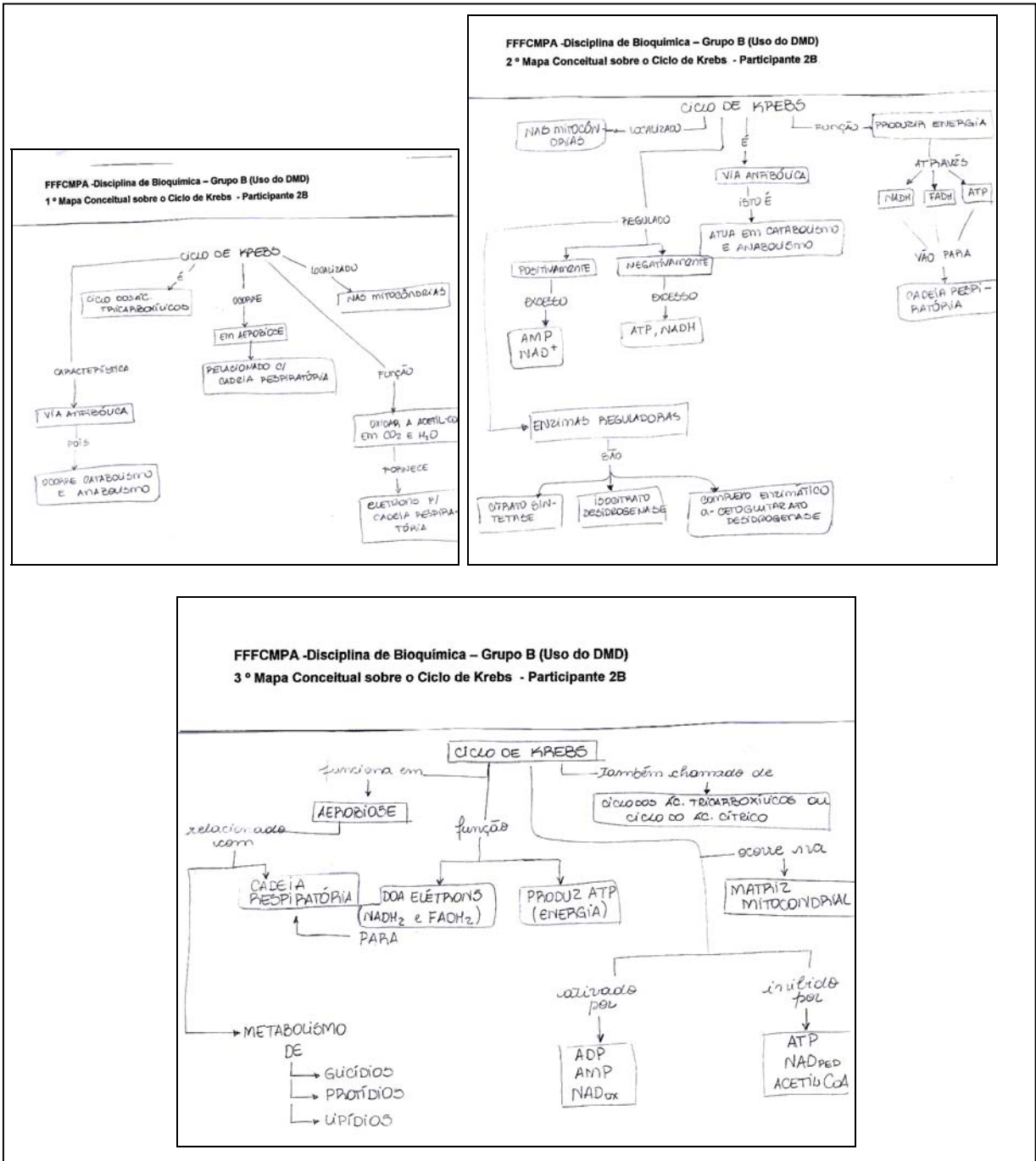


Figura 25. Mapas Conceituais do participante 2B

Os terceiros mapas apresentaram mais conceitos gerais e inter-relações com outras rotas metabólicas, o que se explica pelo fato dos alunos neste momento já terem avançado no conteúdo da Disciplina. Logo após o jogo (ou o DMDV ou o

DMD), ocasião em que construíram o segundo mapa, os alunos só tinham estudado o metabolismo dos glicídios e no momento de fazerem o terceiro mapa já tinha estudado o metabolismo dos glicídios, lipídios e proteínas. Nas figuras 26 e 27 podem ser observadas a diferença entre as relações colocadas pelo mesmo aluno nos primeiros, os segundos e os terceiros mapas conceituais.

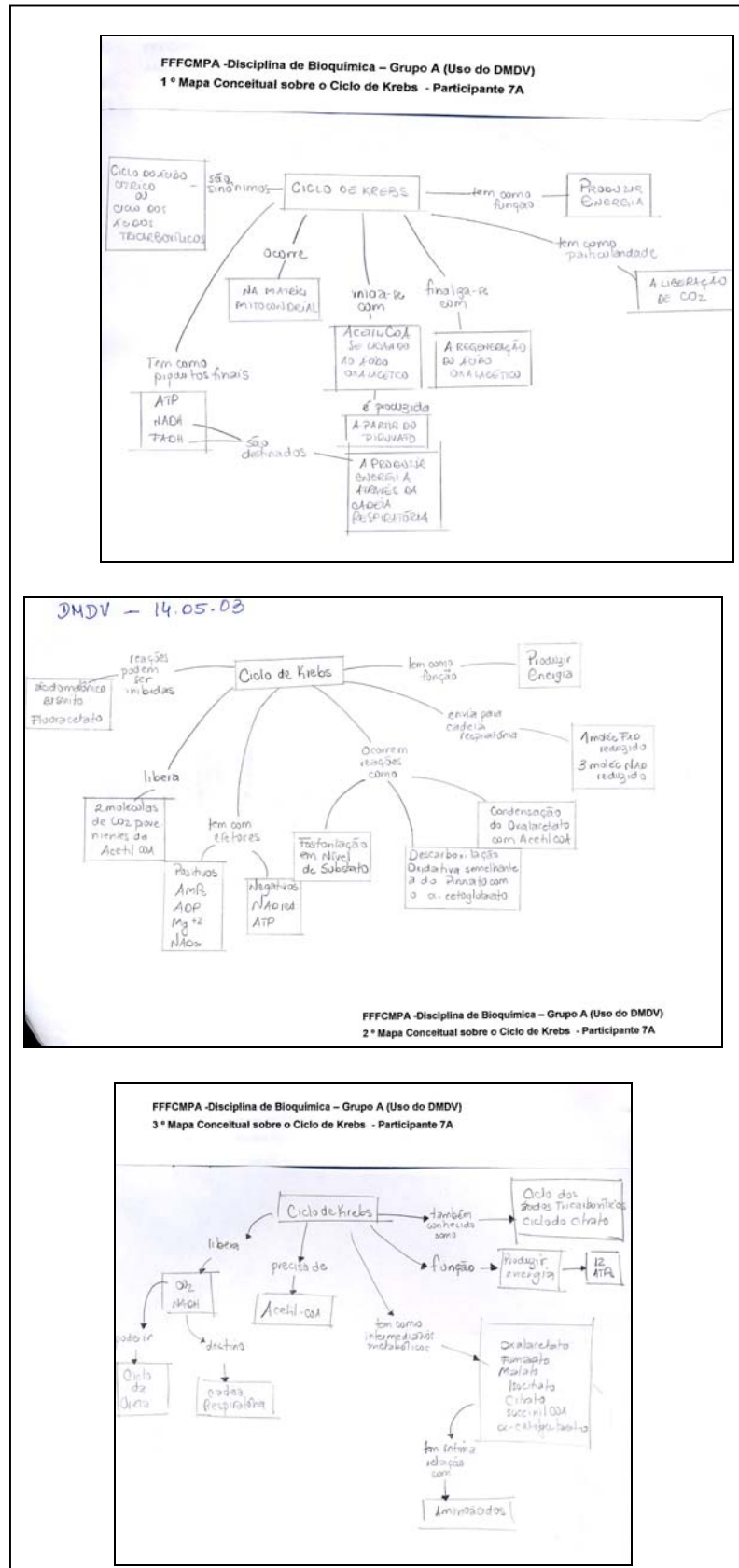


Figura 26. Mapas Conceituais do participante 7A

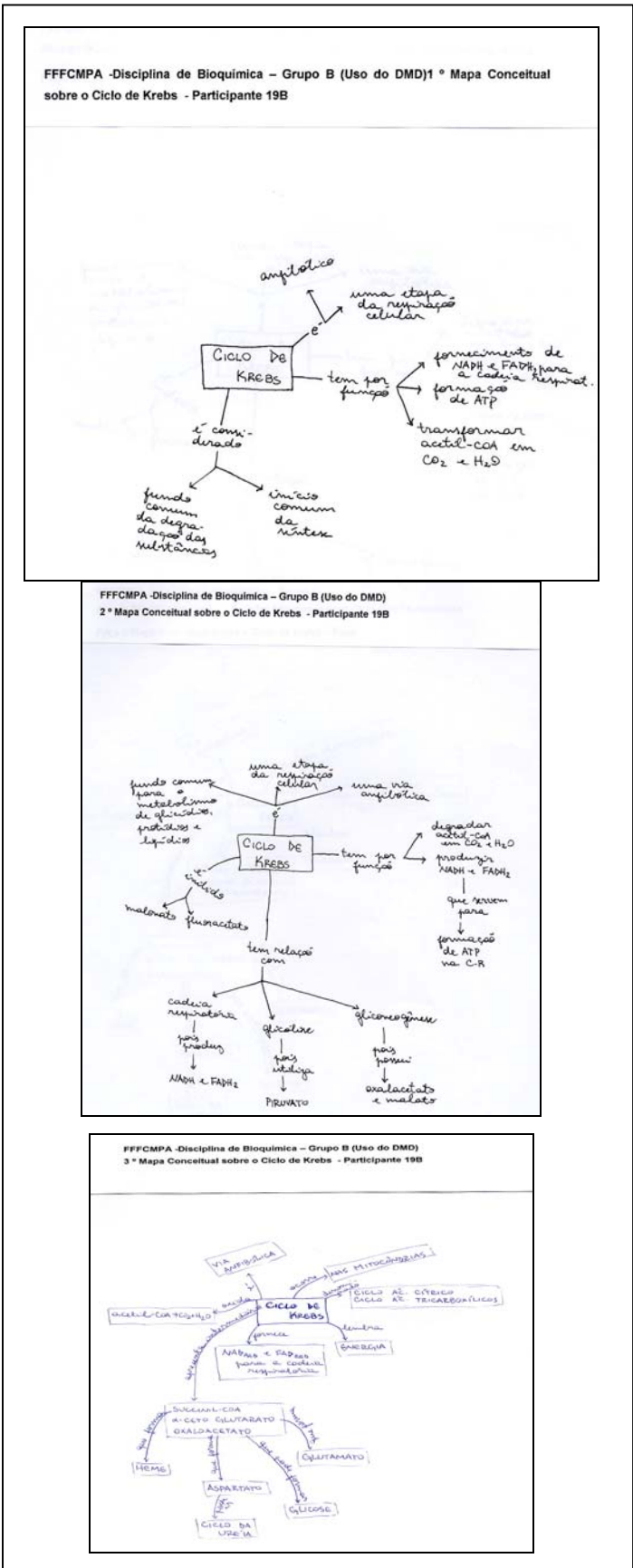


Figura 27. Mapas Conceituais do participante 19B

Além de representar o conhecimento prévio e o adquirido pelo aluno após o jogo, justificando a aplicabilidade da ferramenta como estratégia de acompanhamento do processo cognitivo, pelo professor, os mapas conceituais também se transformaram em instrumento importante para a auto-avaliação do próprio aluno. Avaliações orais feitas pelos alunos foram determinantes para essa observação. Alguns alunos relataram que foi difícil fazer o primeiro mapa e, após o jogo, foi fácil fazer o segundo. Tal postura remete à consciência do aluno sobre o seu processo de aprendizado, cujo indicador é o próprio mapa. As figuras 28 e 29 mostram a diferença de apresentação entre os primeiros, os segundos e os terceiros mapas conceituais construídos pelo mesmo aluno.

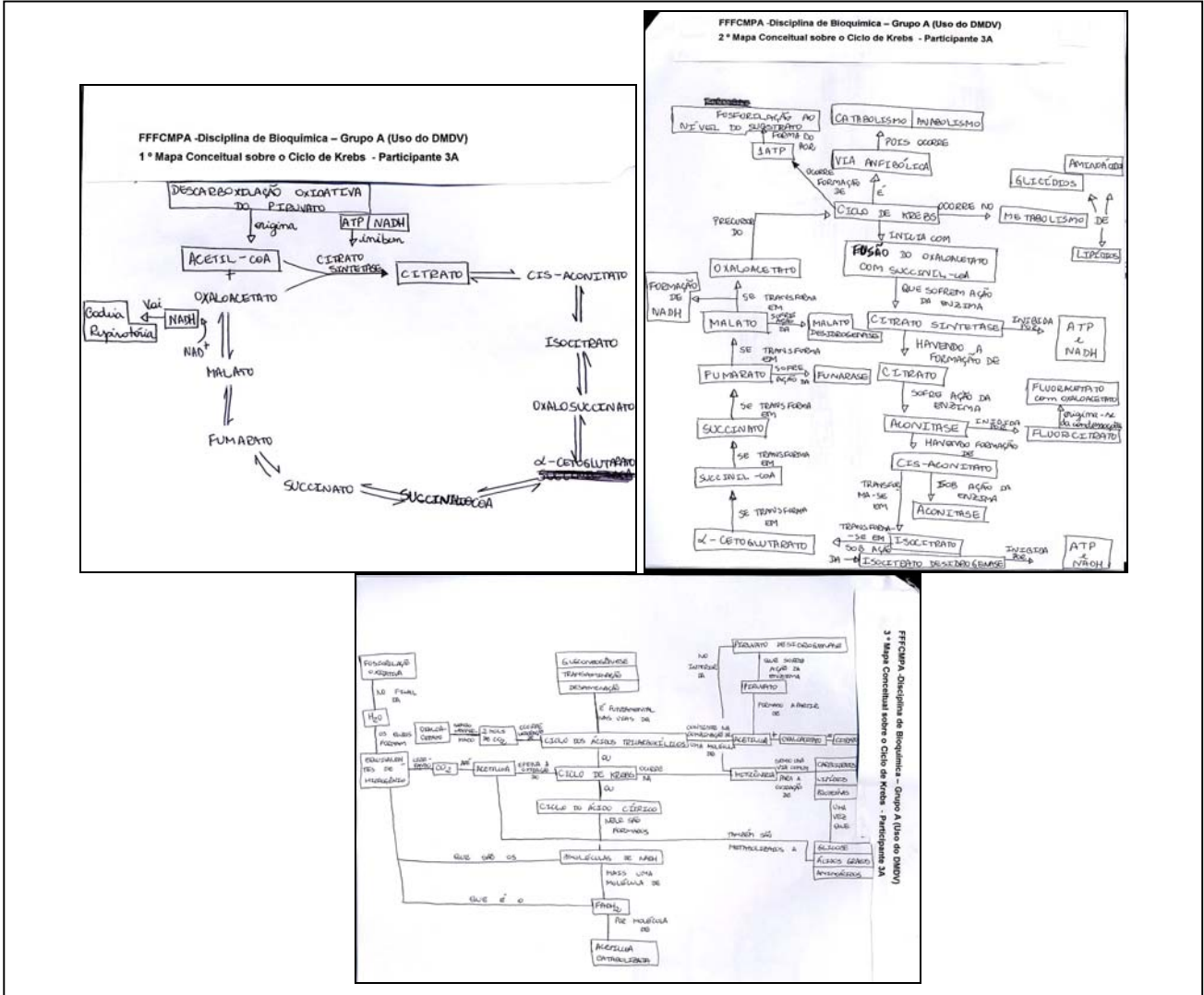


Figura 28. Mapas Conceituais do participante 3A

relevância e sentido. Por exemplo, no terceiro mapa conceitual, foram associados mais os conceitos de relações com a síntese de uréia, a função do ciclo, controle, o que dá uma perfeita idéia da inserção do conceito em um conjunto contextualizado (as figuras 30 e 31 mostram exemplos destas relações nos mapas de dois alunos). No segundo mapa, além da função, localização, características apareceram, também, a listagem dos nomes dos substratos, conceitos relacionados com a memória estruturada. Uma análise das relações entre os conceitos estabelecidas nos mapas conceituais mostra que ocorreu maior compreensão destas relações e, no sentido dos conceitos, no primeiro mapas apareceu como relação várias vezes a palavra “é” enquanto que nos outros dois mapas encontra-se relações como “oxida”, produz, sintetiza, etc.... como pode ser observado nos mapas apresentados nas figuras 32 e 33.

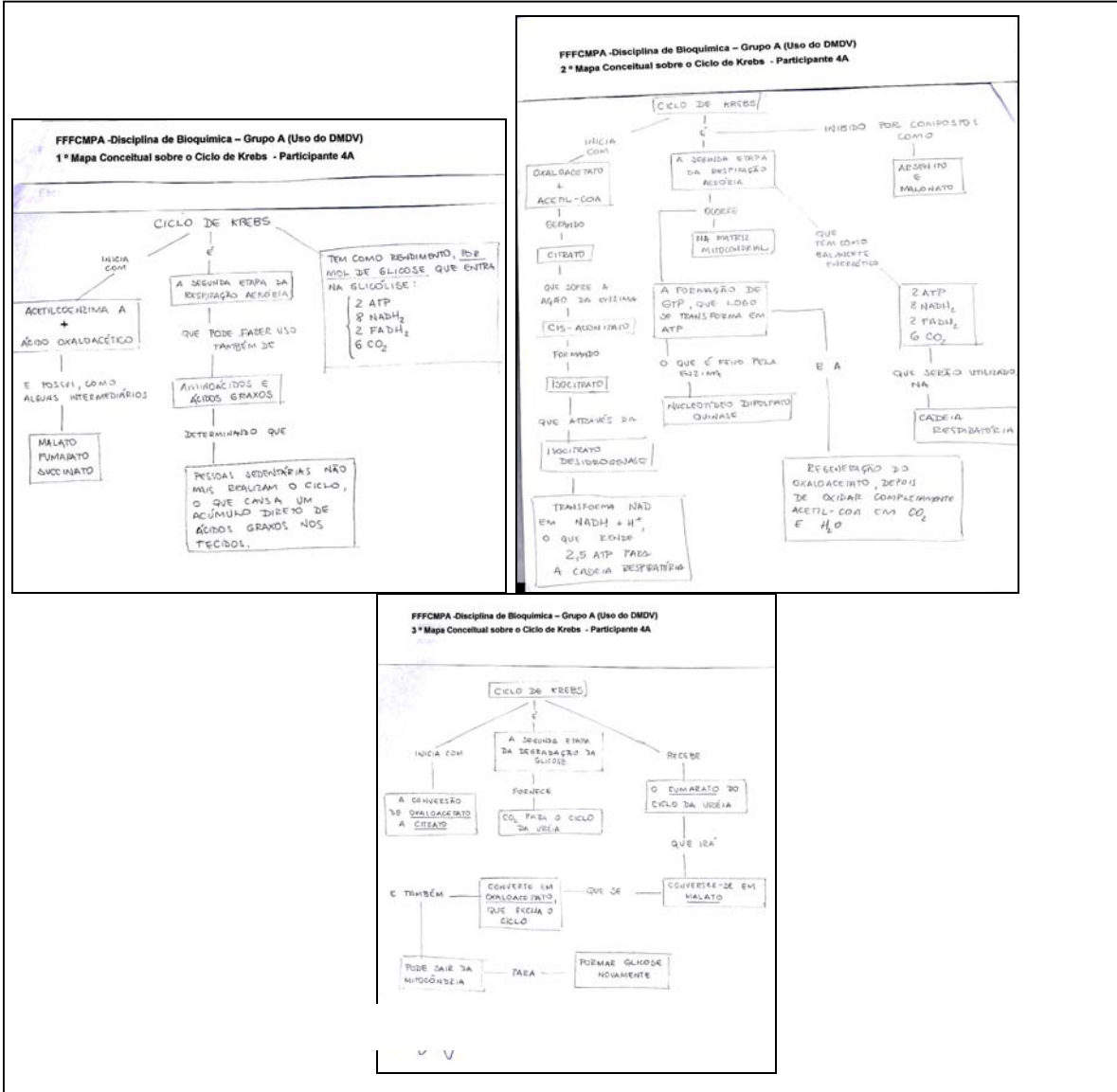


Figura 30. Mapas Conceituais do participante 4A

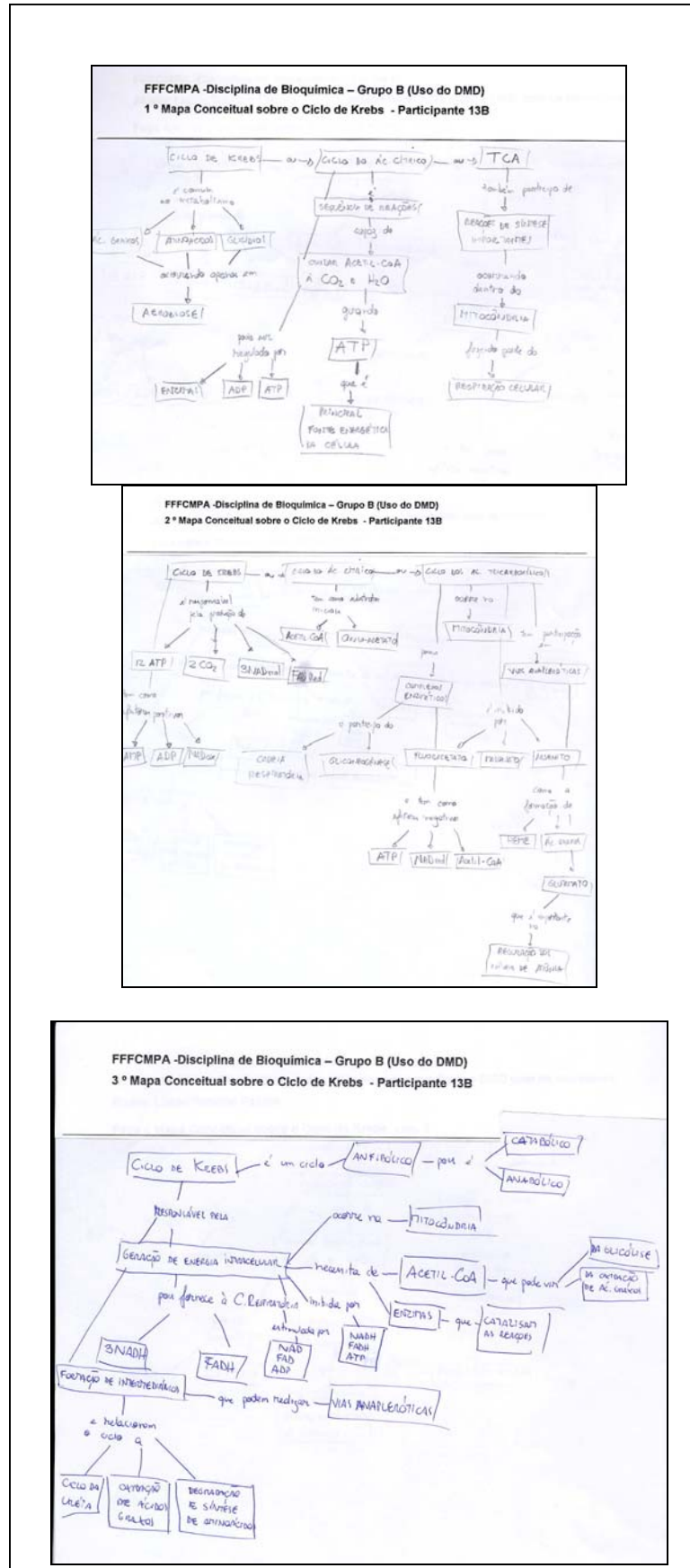


Figura 31. Mapas Conceituais do participante 13B

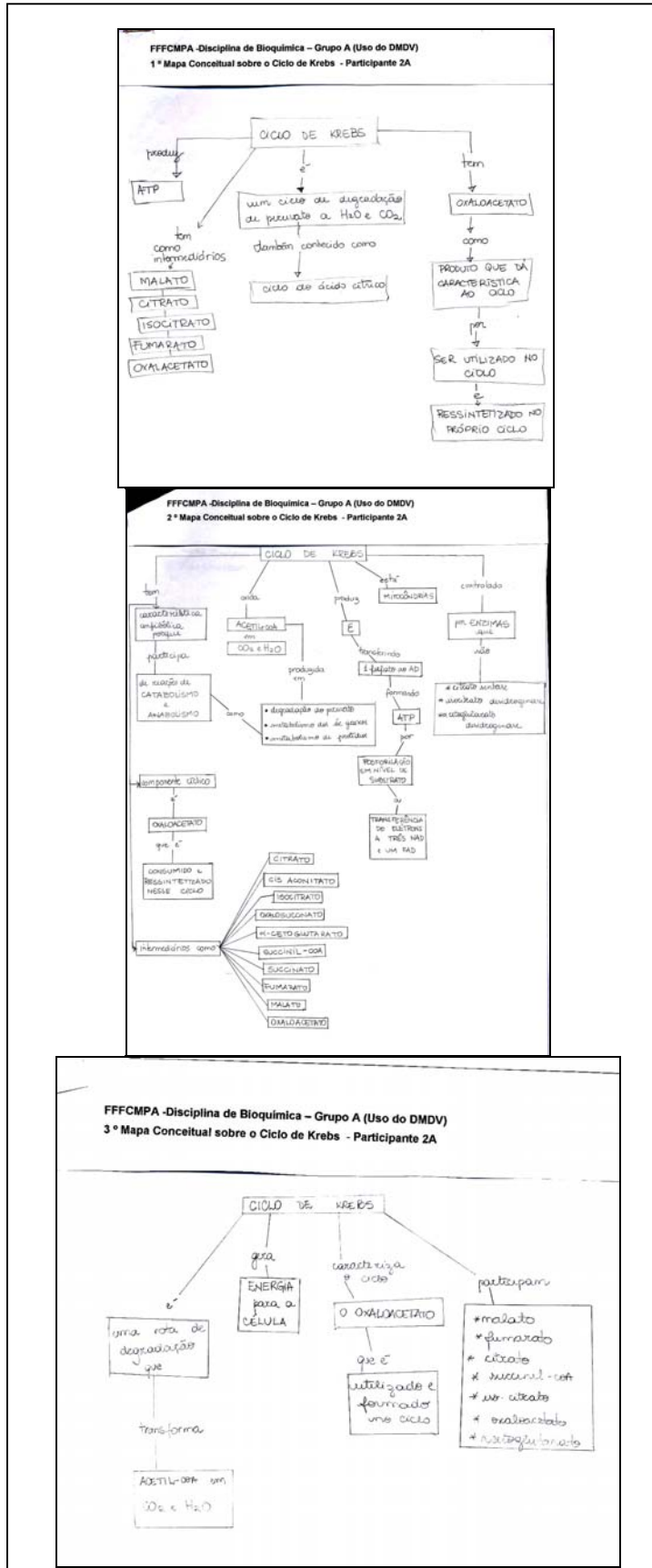


Figura 32. Mapas Conceituais do participante 2A

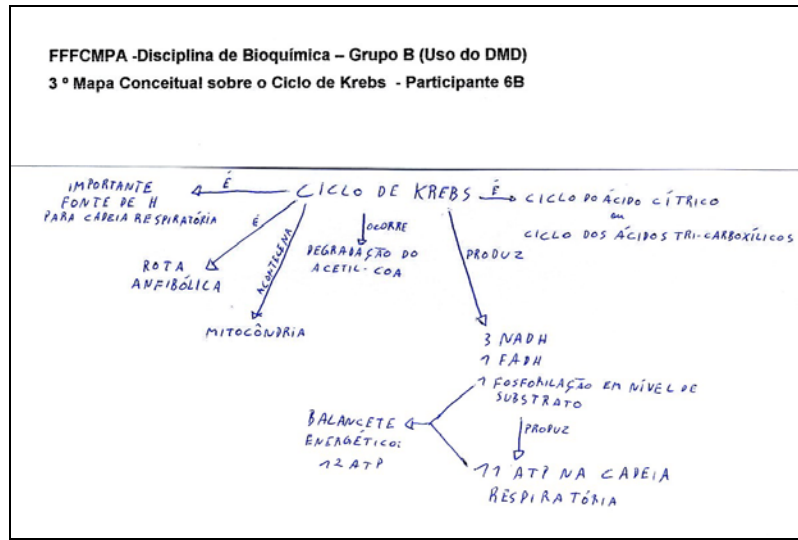
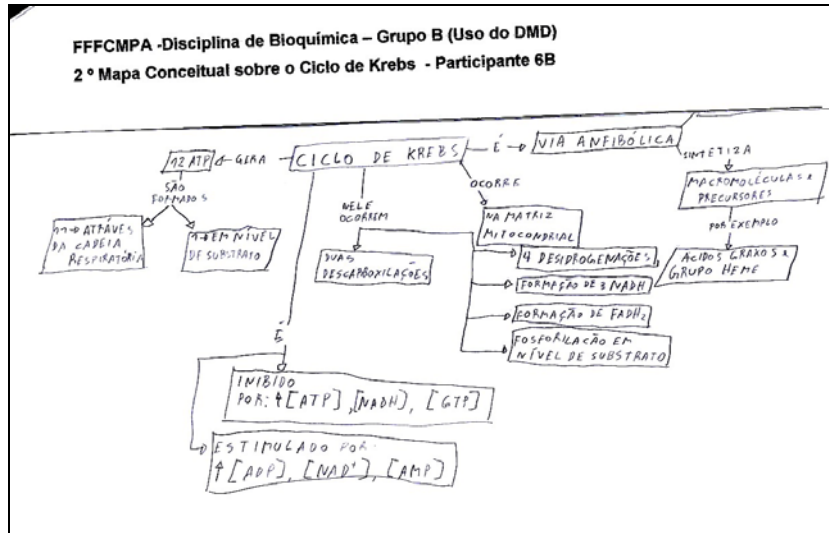
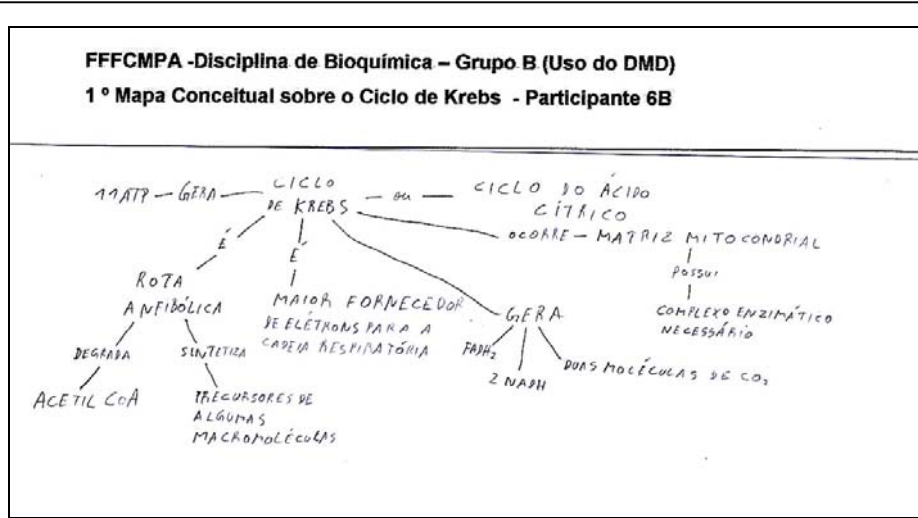


Figura 33. Mapas Conceituais do participante 6B

7.2.2.1. Tentativa de quantificação dos resultados

Embora se aceite que não se possa dar conceito certo ou errado para um mapa conceitual, uma vez que ele representa o conhecimento do elaborador do mapa, foi dada uma pontuação aos conceitos colocados. Para pontuar estes conceitos foram estabelecidos itens relacionados ao conhecimento de uma rota metabólica, de acordo com o mapa conceitual apresentado no livro de Bioquímica (CAMPBELL, 2000): função, generalidades, localização, substratos, enzimas, controle, balancete energética, inibição, reações de oxido-redução, vitaminas, fosforilação em nível do substrato. Na pontuação foi considerado, também, se o aluno colocou um conceito errado.

Primeiramente, foi considerado peso igual (Método 1 – M1) para todos os conceitos. Em um segundo momento, os conceitos foram agrupados de acordo com a possível complexidade de estruturas cognitivas necessárias e foram dados pesos diferentes (Método 2 – M2) e foi estabelecido um valor negativo para possíveis conceitos errados no mapa. Após esta pontuação, foi feita uma comparação entre os dois grupos (com DMDV e DMD) e a análise estatística utilizando o teste t de Student, indicou que os dois grupos não apresentaram diferença significativa com nenhum dos dois métodos (método 1 e 2).

A tabela 1 mostra os conceitos e as pontuações dadas a cada conceito no método 1 e no método 2 de avaliação.

A tabela 2 mostra a média e o desvio padrão da pontuação obtida dos dois grupos (DMD e DMDV) com o métodos 1 e 2.

Tabela 1. Critérios de Análise dos Mapas conceituais

Conceito	Valor/unid Método 1	Valor/unid Método 2
Localização	1	1
Função	1	5
Generalidades	1	5
Via Anfibólica	1	5
Relações	1	5
Substratos	1	1
Enzimas	1	1
Reações redox	1	1
Vitaminas	1	1
Fosfo Nivel S	1	5
Balancete	1	5
Inibição	1	1
Controle	1	1
Conceito errado	-1	-1

Tabela 2. Comparação entre as médias da pontuação aferida com os mapas conceituais (MC) dos grupos A e B (método 1 e 2)

	1º MC 1	2º MC 1	3º MC 1	1º MC 2	2º MC 2	3º MC 2
MÉDIAS G. A	8,63	15,92	12,63	24,83	38,67	31,67
DMDV						
Desvio Padrão	3,79	4,36	4,38	7,69	11,05	11,53
n= 24						
MÉDIAS G. B	9,00	16,87	12,78	25,48	44,78	37,43
DMD						
Desvio Padrão	2,81	5,33	4,36	8,44	12,69	12,83
n = 23						

A análise dos mapas conceituais sugere que:

a) em ambos os grupos (médias Grupo A e médias Grupo B), os alunos tiveram uma performance média equivalente;

b) os segundos mapas conceituais (2. MC) dos alunos que usaram tanto o DMDV como o DMD apresentaram uma evolução em relação aos primeiros (1-MC), tanto no método 1 (MC1) quanto no método 2 (MC2);

c) nos terceiros mapas (3-MC), houve uma diminuição da pontuação média em todos os grupos, em relação aos segundos mapas, sem que, entretanto, o resultado fosse inferior ao dos primeiros mapas, o que foi interpretado como evocação de conhecimento estruturado, uma vez que foram realizados dois meses após o estudo.

Os resultados preliminares mostraram que os alunos que utilizaram o jogo no formato de cartas convencionais e os que usaram o *software* DMDV alcançaram na prova escrita média acima de sete (nota necessária para aprovação sem exame final) e a comparação entre os mapas conceituais dos alunos dos grupos A e B não mostrou diferença significativa, o que indica que o método do DMDV é tão válido quanto o método do DMD, cuja aplicabilidade já tem sido comprovada ao longo de mais de 10 anos (AZEVEDO, 2002).

Entretanto, os alunos que usaram o DMDV mostraram-se muito mais satisfeitos do que aqueles que usaram a versão não virtual (tabuleiro e cartas), o que pode ser verificado pelas observações feitas durante o acompanhamento do uso do DMDV, na sala de informática e de alguns depoimentos deixados no diário de bordo do ambiente.

A partir destas primeiras experiências e da necessidade de aumentar a abrangência dos conteúdos, foram feitas adaptações e acrescentados novos

conteúdos no *software*. Os conteúdos escolhidos foram relativos ao metabolismo de glicídios. Como foi observado que nenhum aluno leu as orientações sobre o uso, na nova versão foi colocado um áudio com as explicações. Analisando a maneira como os alunos *navegavam*, decidiu-se que o sistema deveria oferecer ao aluno, após completar o jogo de seqüência dos substratos e enzimas, a opção de acesso a outro item, o qual seria a complementação do anterior e assim sucessivamente. Por exemplo: após montar a rota com os nomes de enzima e substratos, o aluno poderia optar por acessar o controle desta rota, mantendo o que foi feito anteriormente. O sistema, desta forma, estaria representando melhor as relações (estruturas em camadas) características do ensino de Bioquímica.

7.3. Segunda Experiência - ano 2004

Em 2004, a nova versão do *software*, denominada ainda como DMDV (contendo rotas incompletas) também foi testada com os alunos regularmente matriculados na disciplina de Bioquímica do curso de Medicina da FFFCMPA, com a diferença de que todos os alunos desta turma participaram da atividade com o DMDV. Uma outra diferença em relação às aplicações anteriores, buscando-se uma maior eficiência do método, foi a de que os alunos puderam acessar o DMDV por um tempo maior do que apenas o tempo das aulas de Bioquímica. Para isso, foi disponibilizado na Intranet da FFFCMPA. Os alunos foram cadastrados e receberam uma senha com a qual podiam acessar o *software* em qualquer computador da faculdade. Desta maneira foi possível testar o funcionamento do DMDV instalado no

servidor e o professor pôde ter acesso aos registros dos alunos, sendo possível acompanhar suas atividades.

7.3.1. Mapas conceituais e prova escrita

À semelhança da primeira experiência, a todos os alunos foi pedido que fizessem um mapa conceitual sobre o metabolismo dos glicídios antes de terem acesso ao DMDV. No dia da prova escrita, os alunos fizeram o segundo mapa conceitual e após dois meses eles fizeram o terceiro mapa. Dos 43 alunos matriculados na disciplina, 36 fizeram os três mapas conceituais.

O resultado da análise dos três mapas foi semelhante ao obtido no ano anterior, mesmo tendo sido pedido um conceito mais abrangente (o metabolismo de glicídios) do que o de uma única rota (Ciclo de Krebs). No CD-Rom em anexo estão reunidos os três mapas dos 36 alunos.

Os mapas conceituais apresentados pelos alunos confirmaram expectativa gerada pela primeira experiência: os mapas iniciais indicaram que todos os alunos possuíam algum conhecimento mental prévio sobre o conceito proposto; houve agregação de novos elementos em todos os mapas posteriores, de todos os alunos. Tanto os alunos com menor conhecimento prévio (menos representações no mapa inicial), exemplo na figura 34, como os alunos com maior conhecimento prévio, exemplo na figura 35, apresentaram maior expansão do mapa conceitual final.

Alguns mapas conceituais iniciais apresentaram um pequeno número de conceitos e relações. Os mapas conceituais construídos após o jogo, como aconteceu na primeira experiência, apresentaram uma evolução na inter-relação entre conceitos, sugerindo a eficiência do *software* para facilitar o aprendizado dos conceitos pelos alunos, não apenas como fragmentos, mas sim como partes de um todo inter-relacionado, cujas relações são fundamentais para a compreensão do conteúdo em seu sentido mais complexo, que inclui generalizações, abstrações e disposição de conteúdos por ordem de relevância e sentido. Na figura 36, pode-se observar diferença entre as relações entre os conceitos colocadas nos três mapas, sugerindo que ocorreu maior compreensão destas relações e, no sentido dos conceitos.

A média da nota da avaliação escrita (prova) sobre o capítulo estudado, exigência da instituição para a aprovação do aluno, foi de 7,59, o que indica que a maioria dos alunos alcançou nota maior do que a necessária para aprovação na disciplina. Sugere-se que este resultado possa ser usado como indicador da eficiência do método de estudo através do DMDV.

É interessante ressaltar que a questão da prova referente aos mecanismos de controles da via glicolítica (uma das rotas do metabolismo de glicídios, apresentada no *software*, cujo conteúdo ainda não estava completo), foi a que os alunos mais erraram. Somente três alunos colocaram nos mapas conceituais os controles das rotas, indicando que este conceito não se apresentava bem claro no *software* e também não foi muito bem trabalhado pelos alunos em geral (ou não despertou o interesse), indicando uma lacuna no aprendizado. Este conceito pôde depois

novamente ser trabalhado pelo professor em sala de aula e o *software* foi melhorado (considerou-se que o item “controle”, no jogo, não estava suficientemente claro). Esse fato corrobora com a idéia de que os mapas realmente expressam uma capacidade de representação mental do aluno, pois houve uma coincidência entre a dificuldade apresentada na prova escrita e a ausência do tema nos mapas conceituais. Além disso, reforça a pertinência do uso de mapas conceituais como instrumentos para monitorar o desenvolvimento dos alunos.

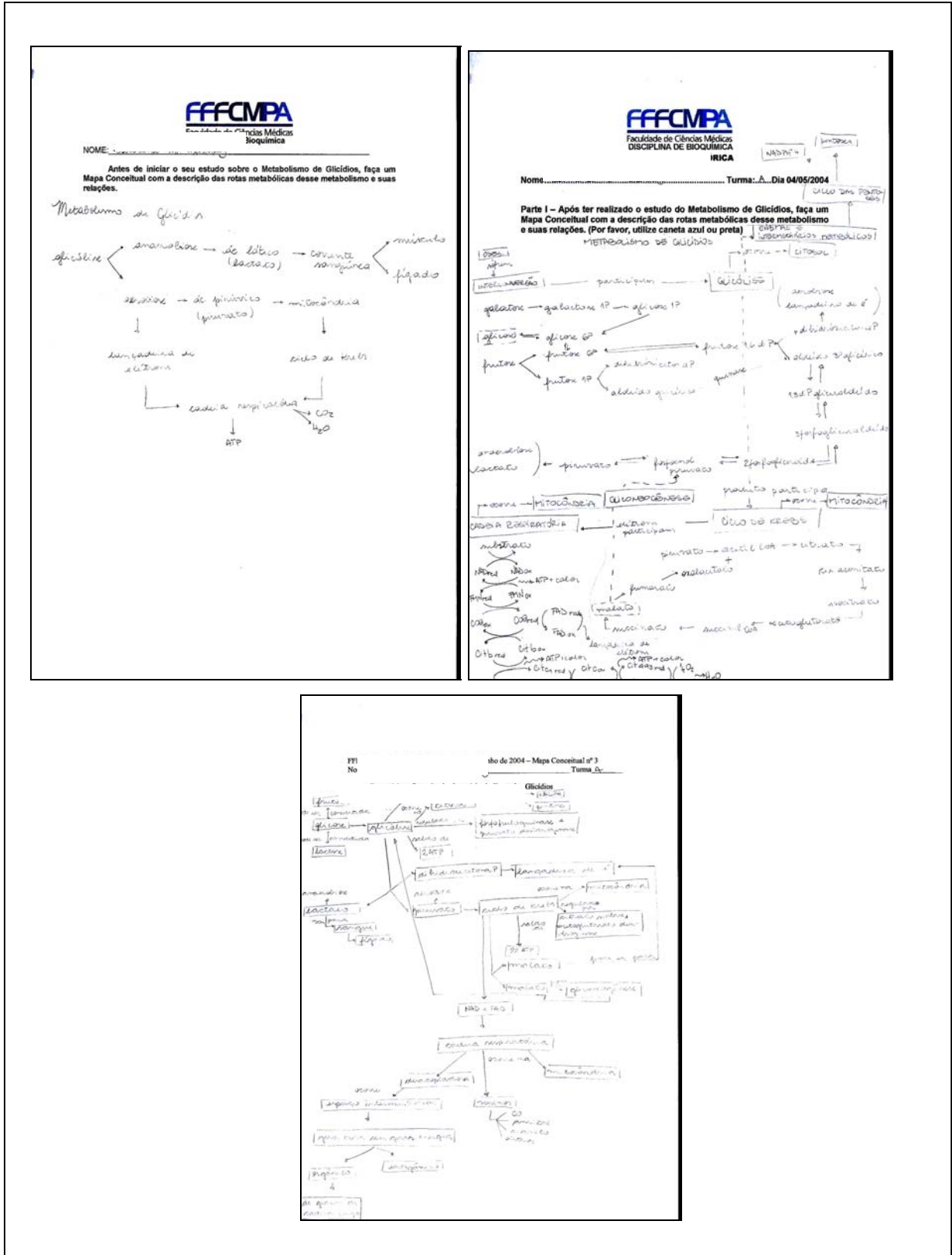


Figura 34. Mapas Conceituais de uma aluna da Disciplina de Bioquímica em 2004

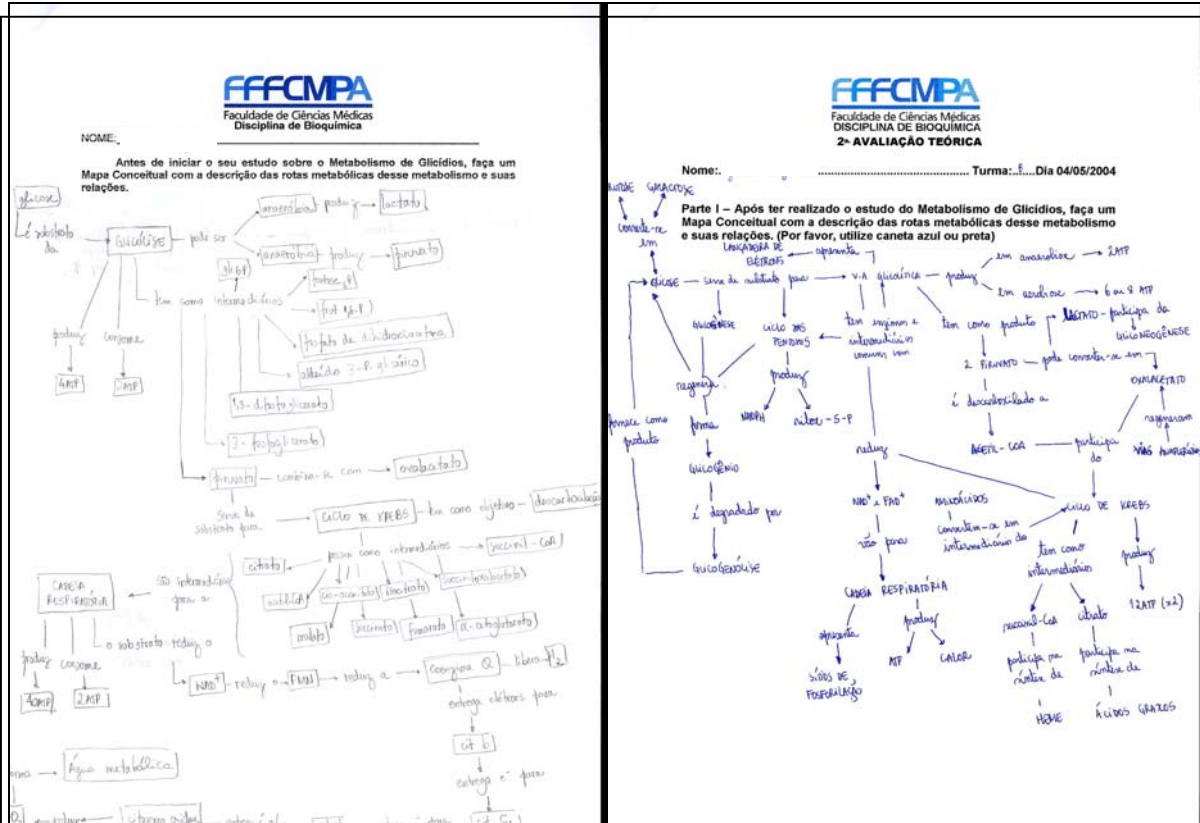


Figura 35. Mapas Conceituais de um aluno da Disciplina de Bioquímica em 2004

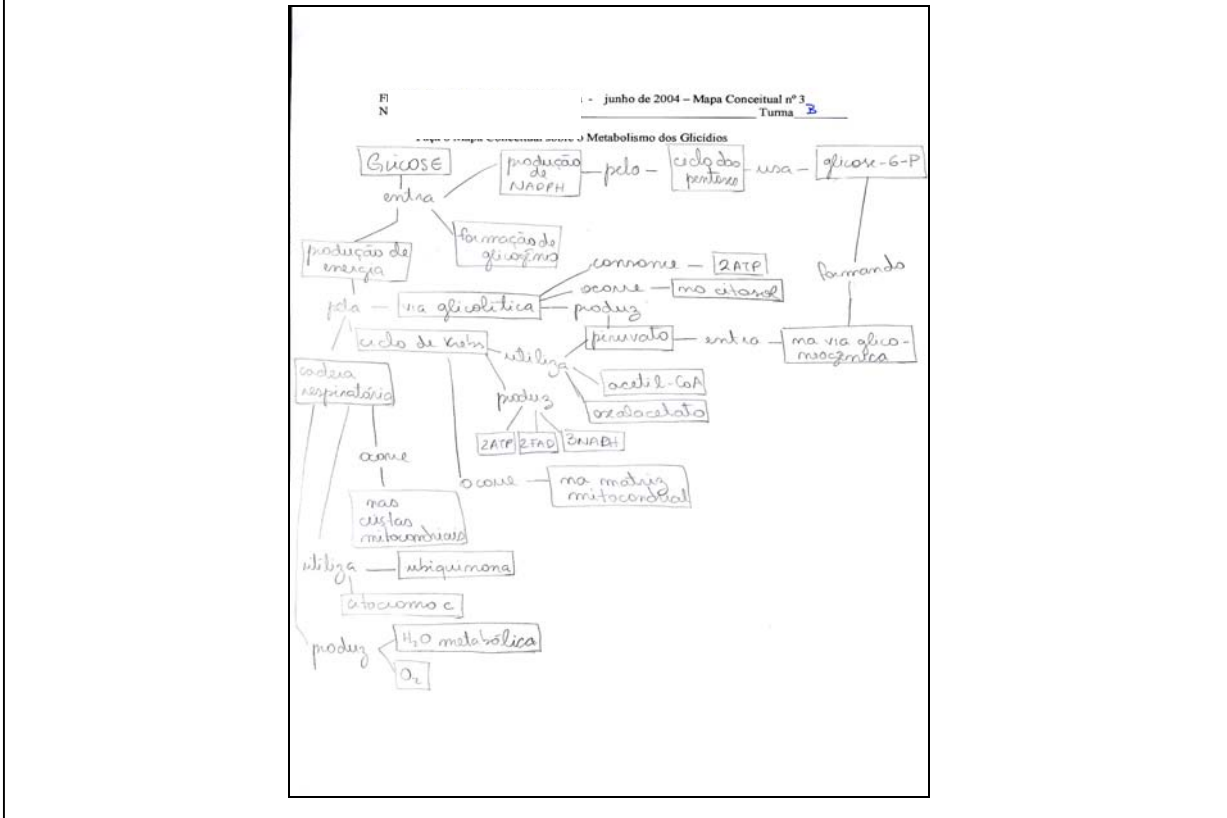
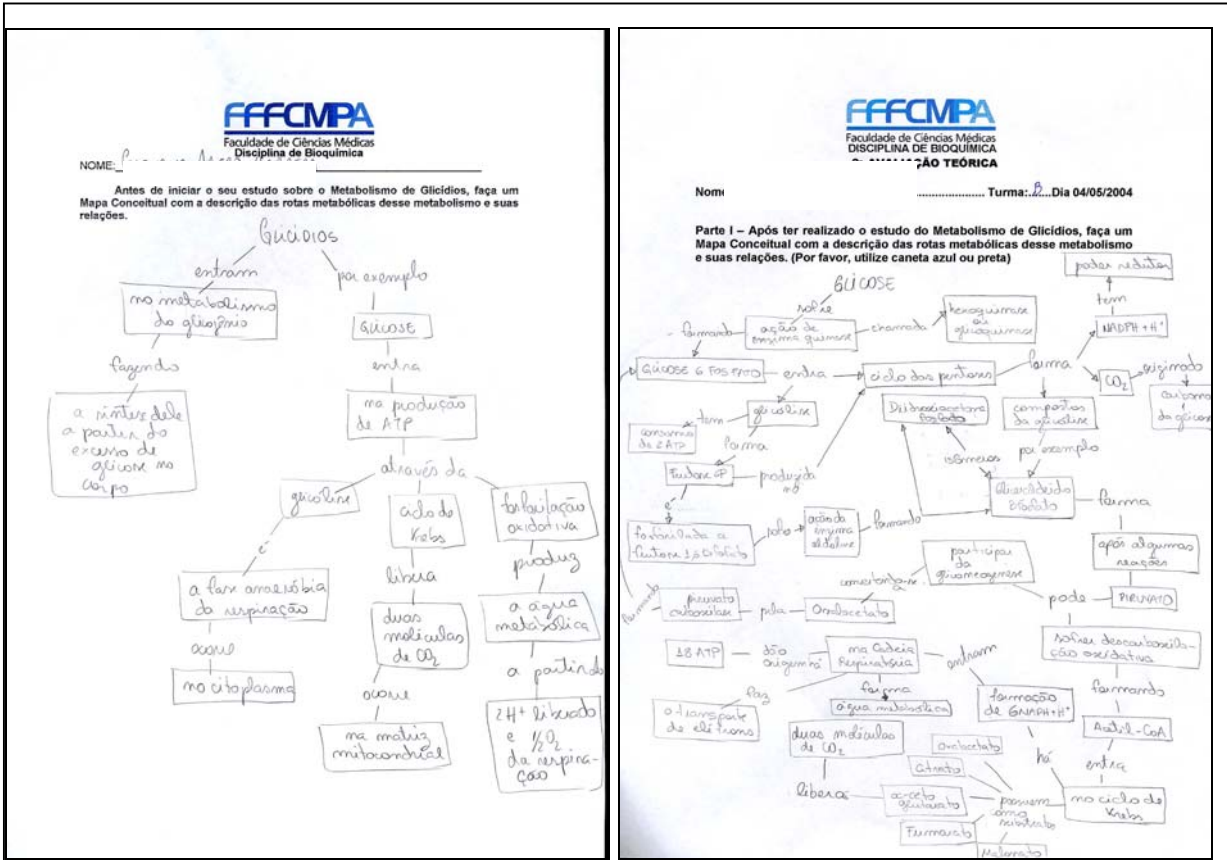


Figura 36. Mapas Conceituais de uma aluna da Disciplina de Bioquímica em 2004

7.2.2. Análise a partir dos registros no *software*

Como o DMDV ficou disponível para os alunos cadastrados, nos computadores da faculdade, durante uma semana, foi possível, a partir dos registros¹⁹, acompanhar as atividades dos alunos no ambiente. O registro de 41 usuários foi analisado. Considerou-se expressiva a participação dos alunos, uma vez que no curso de Medicina há uma exigência grande de aulas em ambos os turnos e o *software* foi disponibilizado apenas nos computadores da Instituição, aos quais não têm acesso à noite. De um total de 43 matriculados, 41 optaram por realizar a atividade. O número total de interações – início e término do jogo e resposta a questões - foi de 2568, resultando em uma média de 62,63 interações por usuário (Tabela 3). O menor número de interações de um aluno foi três e o maior 211 (não será disponibilizado o Quadro com o total de interações de cada aluno, em virtude de sua extensão).

A análise dos registros revela que 44% dos alunos que iniciaram o DMDV do Ciclo de Krebs, no item Seqüência de Reações, finalizaram esta atividade. Já entre os que iniciaram, no mesmo capítulo, o jogo do Balancete Energético, considerada uma atividade mais simples, com menos peças a serem posicionadas, o índice de finalização chegou a 73%. Já o DMDV das Relações, também do mesmo capítulo, possivelmente em virtude de ser mais extenso e necessitar de um conhecimento

¹⁹O acesso às leituras complementares (uma parte do software) ainda não foi programado, ficando registradas só as atividades interativas. Alguns problemas foram detectados em relação aos registros das atividades dos usuários no servidor durante a realização do experimento, devidos à configuração incorreta de data e a hora nas máquinas utilizadas pelos alunos.

prévio maior por parte dos alunos, apresentou um índice de finalização de apenas 15%, conforme apresenta na tabela 4

Tabela 3. Quadro geral da relação usuário e interações

Data	Número de Interações	Interações por Usuário
04/01/2004*	17	17,00
20/04/2004	2	2,00
22/04/2004	824	25,75
24/04/2004	39	39,00
27/04/2004	156	39,00
28/04/2004	32	10,67
29/04/2004	1250	35,71
30/04/2004	7	2,33
03/05/2004	241	60,25
Total de Interações		2568
Total de Usuários		41
Média de Interações		62,63

* A estação do aluno estava com data equivocada

Tabela 4. Número de interações e porcentagem de finalizações por tipo de atividade interativa – Ciclo de Krebs

Atividade interativa	Nº de Alunos Iniciaram o jogo	% dos alunos que terminaram
Ciclo de Krebs - Sequência de Reações	111	44,14
Ciclo de Krebs - Balancete Energético	49	73,47
Ciclo de Krebs - Controle do Ciclo	42	59,52
Ciclo de Krebs - Inibição	37	67,57
Ciclo de Krebs - Papel das Vitaminas	24	41,67
Ciclo de Krebs - Vias Anapleróticas	26	61,54
Ciclo de Krebs - Relações	20	15

Com relação ao capítulo relativo à Glicólise, a estrutura montada das atividades interativas foi diferente do Ciclo de Krebs. Após a finalização da primeira atividade interativa (Seqüência de Substratos) o sistema oferecia automaticamente ao aluno a opção de seguir para as atividades seguintes: Balancete Energético em Aerobiose e Anaerobiose. Essa circunstância pode explicar um maior índice de finalizações nesse capítulo, como se vê na tabela 5. Dos 46 alunos que iniciaram a Seqüência, 30 (65%) passaram à etapa seguinte, 22 dos quais a finalizaram (73%). Na última etapa, dos 23 que a começaram (um aluno entrou diretamente no item Anaerobiose) 18 a completaram (78%). Neste capítulo, o item Inibição, considerado simples de ser completado devido ao pequeno número de peças a serem posicionadas, foi finalizado por quase todos os alunos que o iniciaram.

Tabela 5. Número de Interações e porcentagens de finalizações por tipo de atividade interativa – Glicólise

Atividade interativa	Nº de Alunos Iniciaram o jogo	% dos alunos que terminaram
Glicólise - Seqüência de Reações	46	65,21
Glicólise - Balancete Energético em Aerobióse	30	73,33
Glicólise - Balancete Energético em Anaerobiose	23	78,26
Glicólise - Inibição	22	95,45

7.4. Terceira Experiência - ano 2005

Em 2005 uma terceira experiência foi realizada com uma versão atualizada do *software*, com conteúdo das rotas metabólicas do metabolismo dos Glicídios, além do Ciclo de Krebs e de texto sobre enzimas. Esta experiência foi feita com um grupo composto de 26 alunos, regularmente matriculados na Disciplina de Bioquímica do curso de Ciências Biológicas, ênfase Medicina, da FFFCMPA, como parte das atividades desta disciplina.

Como já foi relatado, as implementações feitas no *e-Metabolismo: Glicídios* possibilitaram uma aplicação mais ampla em relação ao método de estudo e utilização por parte do aluno e do professor. O fato do aplicativo viabilizar ao professor comentar as atividades realizadas pelo aluno e este receber aviso, por e-mail, do comentário feito pelo professor, potencializou a utilização de interações entre aluno e professor e de ambos com os objetos de aprendizagem.

Primeiramente, foi entregue aos alunos o cronograma de atividades da Disciplina em relação ao capítulo a ser estudado e o método de avaliação (anexo 7), considerando a atividade com o *e-Metabolismo: Glicídios*. O resultado desta experiência deve considerar o tipo de alunos desta turma do Curso de Ciências Biológicas: é uma turma muito heterogênea, os alunos são bastante inquietos, preocupados em realizar pesquisas, fazer estágio, mas poucos tem o hábito de acompanhar o conteúdo, estudando em casa, apresentando ritmos e estilos de aprendizagem muito diferentes. Tendo em vista que se pretendeu aplicar um método que atendesse o modo como cada aluno prefere estudar e ser avaliado, foi pedido

que respondessem a um formulário explicitando sua opção. O resultado das escolhas dos alunos é mostrado no quadro 4, onde se observa que a maioria dos alunos disseram gostar de estudar pelo computador (80,7%), disseram possuir computador (65,4%), acharam que era válido pontuar a atividade com o ambiente (73,1%), aceitaram que suas interações com o e-Metabolismo: Glicídios fossem pontuadas; todos os alunos concordaram que a análise desta atividade fosse utilizada na pesquisa.

FFFCMPA - Disciplina de Bioquímica - Curso Biomedicina - 2005 - Uso do e-Metabolismo: Glicídios											
Resposta de acordo com a convenção abaixo											
Número de alunos = 26											
Respostas Alunos	1. Estudo	2. Comp.	3. Conexão	4. Funciona.	5. Tempo p/ acesso	6. Pontuação	7. Aceitação	8. Prova Escrita	9. Map Conc.	10. Pesquisa	Assinatura
sim	21	17		6	12	19	18	18	9	26	
não	5	8	2	7	6	6	7	7	13	0	
Pouco tempo					9						
Mais ou menos									4		
Não respondeu		1		9	12		1	1	1		0
ADSL			3								
Discada			7								
Cabo			5								

Convenções:

1. Gosto de estudar no computador

2. Posso Computador fora da Faculdade

3. Tipo de Conexão à internet

4. O e-Metabolismo: Glicídios não funciona em casa

5. Tenho tempo para acessar o *software* fora do horário de aula

6. É válido pontuar a atividade com o uso do e -Metabolismo: Glicídios

7. Aceito que minhas interações com o e -Metabolismo: Glicídios sejam pontuadas

8. Prefiro que minha avaliação seja feita só com provas escritas

9. Acredito no Mapa Conceitual como instrumento para avaliar a aprendizagem.

10. Concordo que a análise minhas atividades com e-Metabolismo: Glicídios sejam utilizadas em pesquisa e Desenvolvimento de *software* educacional

Quadro 4. Respostas dos alunos quanto as suas possibilidades de uso do e-Metabolismo: Glicídios

Um quarto dos alunos alegaram não possuir tempo para o estudo e preferiram ser avaliados pela prova escrita. Em relação ao tipo de acesso à Internet, as respostas foram variadas, indicando que muitos alunos ainda não possuem uma boa conexão (vários solicitaram o CD com o *software* do JAVA para instalarem em casa, pois não conseguiam fazer *download* pela internet).

Todos os alunos, inclusive aqueles que optaram por não ser avaliados pelo uso com o e-Metabolismo: Glicídios, foram cadastrados e receberam uma senha. Foi disponibilizado, pelo professor, na Internet, na página da disciplina, uma planilha de acompanhamento das atividades e interações dos alunos no ambiente. Esta planilha especificou a data, o tempo de acesso e se este acesso foi realizado em aula ou extra-classe (anexo 8) Isto gerou um certo descontentamento por parte dos alunos, mas quando entenderam que esta planilha seria apenas uma aviso de que eles estavam sendo acompanhados pelo professor, os alunos aceitaram.

Uma aluna enviou um e-mail justificando o fato de não aceitar ser pontuada pelo uso do ambiente com os seguintes dizeres:

“Profa. Ana Maria,
Eu não quis dizer que não quero usar o *software* como método de estudo, só não acho que seria justo pontuar a participação porque nem todos têm a oportunidade de acessá-lo fora da faculdade. Eu não tenho computador em Porto Alegre e só vou pra Lajeado 1 ou 2 vezes por mês, e pra ser bem sincera, não tenho muita vontade de estudar nesses dias. Não me importo com o que os meus colegas pensam, e não sou do tipo de pessoa que esconde que estuda em casa. Não vejo sentido nenhum fazer esse tipo de coisa, e quando vou mal, não tenho vergonha das minhas notas, porque provavelmente não me esforcei o suficiente para ir bem nas provas.
Eu achei bem legal esse estudo, já que estimula bastante o raciocínio e a nossa memória, enfatizando bastante alguns pontos que foram passados em aula, além de incentivar-nos a sintetizar e organizar as nossas idéias.

Acho que o *software* precisa ser um pouco revisto porque tem muitas perguntas repetidas e é difícil para abrir fora da facul (sic)".

Na disciplina de Bioquímica do curso de Ciências Biológicas, ênfase Medicina, da FFFCMPA, os capítulos do Metabolismo dos Glicídios e o Ciclo de Krebs foram ministrados no período de 6 de maio até 17 de junho de 2005, com 6h de aulas semanais, divididas aproximadamente entre aulas expositivas, exercícios teóricos e casos clínicos (2h), estudo com os monitores, utilizando o DMD (1h) e uso do e-Metabolismo: Glicídios no laboratório de informática (3h). O estudo no laboratório de informática foi feito de maneira livre: o aluno podia escolher que ponto gostaria de estudar. Diferentemente das aplicações anteriores, os alunos tiveram acesso ao e-Metabolismo: Glicídios pela Internet, sendo facilitado, também, o acesso nos computadores da biblioteca da instituição.

Durante o período de aula, no laboratório de informática, mesmo os alunos que optaram por não ter pontuadas as atividades com o uso do *software*, acessaram o ambiente. Dos sete alunos que fizeram essa opção, quatro acessaram o ambiente fora do horário de aula.

O resumo do acompanhamento das atividades realizadas pelos alunos e a planilha dos registros de todos os alunos estão no CD-Rom em anexo. Entrando no ambiente, (<http://dmdv.ffcmpa.tche.br>) como professor ou assistente é possível ter acesso aos registros desses alunos. Para fazer o login o nome do usuário deve ser **profbiomed2005** e a senha, **biomed2005**.

Algumas considerações em relação a atividades dos alunos podem ser feitas:

1. Embora os alunos tivessem liberdade de estudar da maneira que mais lhe agradasse e os pontos na ordem que escolhessem, de uma maneira geral seguiam o cronograma da disciplina, estudando no ambiente o capítulo que foi trabalhado na aula anterior. Um aluno, no entanto, escolheu estudar um capítulo que não tinha sido tratado em aula. A resposta à pergunta do professor se já tinha estudado antes aquele conteúdo ou se foi tinha interesse em aprender aquele conteúdo foi:

“Cara Professora Ana Maria

Realmente fiz um estudo autodidático e foi proveitoso. Enquanto lia o texto anexado, respondia as questões referentes ao assunto e montava o diagrama. Espero, portanto, uma melhora no meu rendimento na cadeira já que o mesmo não vem sendo satisfatório”.

A resposta dada pode ser um indicativo de que o ambiente foi capaz de motivar o aluno, que pôde escolher, conforme o seu interesse, o conteúdo a ser estudado. Esta seria mais uma das aproximações possíveis com os conceitos de Piaget (1978), sobre o fato de que a aprendizagem ocorre quando o sujeito sente necessidade e interesse.

Numa das últimas aulas, uma aluna chegou tarde e não tinha assistido à aula anterior. Sem perguntar nada, entrou no ambiente e fez o jogo de um capítulo que não tinha sido trabalhado em aula. Quando foi perguntado a ela, por que tinha escolhido estudar aquele ponto, a aluna deu-se conta e ficou surpresa por estar conseguindo fazer o jogo e entender a lógica das reações, inclusive respondendo perguntas, com o auxílio dos textos complementares. Este fato sugere que o ambiente possibilita o estudo de um conteúdo, independente da presença do professor.

2. Um aluno fez o DMDV da digestão dos glicídios, e respondeu corretamente as questões. Como este capítulo ainda não contém o texto complementar, ele falou, em aula, para os colegas, que tinha buscado as respostas em um conteúdo disponível na Internet. Este fato sugere que o estudo no ambiente desafia o aluno a buscar as soluções para resolverem os problemas apresentados, respondendo através de uma ação a sua necessidade de resposta (PIAGET, 1978).

3. Em relação ao tipo de atividade escolhida pelos alunos para começar o estudo no e-Metabolismo: Glicídios, 36,46% dos alunos iniciaram fazendo o DMDV e respondendo questões; 34,61% fizeram o DMDV sem responder questões; 23,07% iniciaram pela leitura do texto complementar. Estas porcentagens sugerem que o ambiente possibilitou ao aluno liberdade de escolher qual atividade iniciaria o seu estudo.

4. Em relação ao número de acessos no ambiente, no período de 6 de maio a 17 de junho de 2005, todos os alunos acessaram o ambiente no período de aula; somente um aluno, que declarou não gostar de estudar computador, esteve presente a apenas uma aula no laboratório de informática. Todos os alunos que optaram em receber pontuação pelas interações no *software* utilizaram-no fora de aula; uma aluna acessou uma vez; os outros alunos, duas ou mais vezes; e o maior número de acessos extra classe foi de 12. Entre aqueles que não fizeram esta opção, só dois alunos não acessaram o e-Metabolismo: Glicídios, fora da aula informatizada.

5. Na primeira aula foi possível perceber que, na medida em que entendiam o conteúdo, os alunos, que antes respondiam as questões utilizando as frases

contidas no texto complementar (como mostra a Figura 37), formulavam as respostas com suas próprias palavras e até utilizando abreviações. Este fato sugere - de acordo com Piaget (1978) – que os alunos poderiam estar realizando uma imitação, atividade onde a acomodação predomina sobre a assimilação. Isto pode significar que, ao explorar as características do objeto de conhecimento, o aluno processa uma acomodação, a qual, na continuidade da ação de jogar, evolui para assimilação e equilíbrio (aprendizagem).

e-Metabolismo

Login Usuarios Registro **Comentarios** Questoes Questoes M.E

Atualizar Usuario: Irizzieri

id	Usuario	Atividade	Local	Resposta	Data/Hora	Professor	Data/Hora	Aluno	Data/Hora
94	Irizzieri	Resposta	Ciclo de ...	E neces...	2005-05-...	Deves te...	2005-05-...		0000-00-...
95	Irizzieri	Resposta	Ciclo de ...	Oxalacet...	2005-05-...	Depois d...	2005-05-...		0000-00-...
96	Irizzieri	Resposta	Ciclo de ...	A citrato ...	2005-05-...	Correta a...	2005-05-...		0000-00-...
97	Irizzieri	Resposta	Ciclo de ...	4 carbon...	2005-05-...	está de a...	2005-05-...		0000-00-...

Detalhes

Usuario: Irizzieri

Questao: Resposta - Ciclo de Krebs - Sequencia de Reacoes / krebs_citrato

Data/Hora: 2005-05-06/10:28:05

Resposta: 4 carbonos provêm do ácido oxalacético e 2 se originam do Acetil-CoA que se unem através da hidrólise. Quando formado em grande quantidade, pode ser desviado do ciclo de Krebs, sair da mitocôndria e atuar em outra rota metabólica

Data/Hora: 2005-05-06/14:09:34

Professor: está de acordo com o texto complementar. Quando estudares novamente tente responder com as tuas palavras.

Data/Hora: 0000-00-00:00:00

Aluno:

Figura 37. Tela do registro da resposta de um aluno

6. Foi possível perceber que o interesse pelas atividades interativas do e-Metabolismo: Glicídios aumentou quando os alunos perceberam que suas respostas

eram comentadas semanalmente pelo professor, como esta exemplificado no e-mail de uma aluna:

“Profª Ana Maria,
Obrigada por corrigir minhas questões com tanta rapidez.
Com relação às questões que não estavam corretas ou que faltavam complementos, estou enviando em anexo o que pude fazer (não sabia como responder diretamente no DMDV)”.

Muitos alunos respondiam aos comentários no próprio ambiente, outros por e-mail. A figura 38 mostra a tela do ambiente com a resposta do aluno e os comentários. Aparentemente, as respostas tiveram significado de fortalecer o vínculo afetivo com os alunos, que teriam sentido seu esforço valorizado, através de reciprocidade (FARIA, 1989).

The screenshot shows a web browser window titled "DMDV - Microsoft Internet Explorer". The page content is titled "e-Metabolismo" and includes a navigation menu with tabs: "Login", "Usuarios", "Registro", "Comentarios", "Questoes", and "Questoes M.E". Below the menu, there is a search bar for "Usuario: dbkoshiyama" and an "Atualizar" button. A table lists several records with columns: id, Usuario, Atividade, Local, Resposta, Data/Hora, Professor, Data/Hora, Aluno, and Data/Hora. The record with id 352 is highlighted. Below the table, a "Detalhes" section shows the details for this record:

- Usuario:** dbkoshiyama
- Questao:** Resposta - Glicólise - Sequência de Reações / glic_seq7
- Data/Hora:** 2005-05-24/10:30:58
- Resposta:** Atua como coenzima. A fosfogliceromutase reage com o 2,3-bifosfoglicerato transferindo o radical fosfato para a enzima e dando origem ao 2 fosfoglicerato. O 2,3-bifosfoglicerato é regenerado pela transferência do radical fosfato da enzima para o 3 fosfoglicerato.
- Data/Hora:** 2005-05-25/05:29:08
- Professor:** Esta correta a tua resposta. Continuando a questão: O 2,3 bifosfoglicerato tem também outra função nas hemácias. podes identificar qual é esta função?
- Data/Hora:** 2005-06-06/21:24:14
- Aluno:** Ele atua como um importante regulador da ligação do oxigênio à hemoglobina. Níveis elevados de 2,3 bifosfoglicerato diminuem a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio, fazendo com que maior quantidade de oxigênio chegue nos capilares dos tecidos.

Figura 38. Tela do registro da resposta de uma aluna e comentários

O quadro 5 mostra um exemplo do e-mail recebido pelo professor após o aluno ter feito respondido ao comentário do professor a uma de suas respostas.

7. Alguns alunos relataram que não tinham entendido direito a pergunta. Isso facilitou para o professor a interação com o aluno e juntos buscarem entender o conteúdo que é, realmente, muito complexo. Além disso, dessa maneira foi possível fazer uma avaliação processual, com fidedignidade pedagógica. O fato do aluno estar colocando suas dúvidas e o professor estar podendo responder para o aluno, ao longo do processo da aprendizagem, permitiu uma intervenção sobre a necessidade de cada um dos aluno, fazendo uma avaliação diferenciada e uma intervenção específica, respeitando o processo de aprendizagem de cada um. Por outro lado, os registros destas interações, trocas entre professor e aluno, dão um retorno do trabalho do professor, que servirá para preparar melhor as disciplinas futuras Exemplo disso está mostrado na figura 39.

Caro professor assistente do aluno ".....",

Seu aluno do DMDV, apos ler seu comentário sobre a atividade realizada no *software* no dia 2005-05-23 as 12:37:25

A questão:

"Por que é fundamental para a célula que o piruvato seja reduzido a lactato em condições de anaerobiose?"

Seu registro:

"Para que seja gerada energia atraves da oxidacao do NADH+H a NAD."

O comentario do professor:

"De que forma é gerada esta energia, numa situação de anaerobiose?"

A resposta do aluno:

"Esse NADH e usado para transformar o piruvato em lactato, promovendo sua oxidacao."

Acesse a aba 'Comentarios' do PDMDV para poder obter mais detalhes.

E-mail gerado automaticamente, não responda.

Equipe do DMDV.

Quadro 5. e-mail recebido pelo professor quando a aluna, no ambiente, respondeu ao seu comentário

The screenshot shows a web browser window titled "DMDV - Microsoft Internet Explorer" displaying the "e-Metabolismo" application. The interface includes a navigation menu with options like "Login", "Usuarios", "Registro", "Comentarios", "Questoes", and "Questoes M.E.". Below the menu, there is a search bar for "Usuario" with the value "fbpilecco". A table lists several records, with the third record (id 165) selected. The "Detalhes" section below the table shows the following information:

- Usuario:** fbpilecco
- Questao:** Resposta - Ciclo de Krebs - Controle do Ciclo / controle_unica
- Data/Hora:** 2005-05-13/10:24:25
- Resposta:** A velocidade esta aumentada quando ha substrato e excesso de ADP. Quando nao ha substrato para a atuacao da enzima e excesso de ATP ha uma diminuicao da velocidade do ciclo.
- Data/Hora:** 2005-05-14/18:52:10
- Professor:** Reveja a tua resposta. Qual a relação entre o substrato e a concentração de ATP?
- Data/Hora:** 2005-05-21/16:35:36
- Aluno:** Não entendi essa questão

Figura 39. Tela do registro da resposta de um aluno e comentários

8. Na semana antes da prova escrita, apesar do servidor da faculdade ter ficado fora do ar durante três dias, o número de alunos que acessaram o ambiente foi maior. Após o estudo, faziam os testes objetivos, possivelmente para testarem o seu conhecimento, ou por acreditarem que a prova escrita pudesse ser objetiva. Uma aluna - que utilizou muito o *software* e interagiu sempre com o professor -, após ter feito a prova, entrou no ambiente e fez todos os jogos. A explicação dela sobre a razão de estar estudando depois da prova foi dada por e-mail:

Acessei o DMDV para verificar como me sairia nos jogos das vias metabólicas sem consultar material, já que não consegui acessar antes da prova. Assim, consegui verificar em quais rotas tive maiores dificuldades e que, por isso, deveriam ter sido mais aprofundadas no meu estudo para a prova. Aproveitei também a oportunidade para resolver algumas rotas que não tinha feito antes.

Um abraço e boa semana,”

7.4.1. Avaliação da aprendizagem dos alunos

Como nas experiências anteriores, os alunos fizeram um mapa conceitual com lápis e papel, sobre o metabolismo dos glicídios, após a primeira aula teórica deste capítulo e antes de iniciarem seus estudos. Na última aula deste assunto, diferentemente das outras experiências, cada aluno recebeu o seu primeiro mapa conceitual, para complementar. Um terceiro mapa conceitual foi construído durante a prova final de avaliação desse capítulo.

Os primeiros mapas conceituais, também nesta oportunidade, apresentaram um pequeno número de conceitos, mas indicavam que os alunos possuíam algum conhecimento prévio. Diferentemente dos alunos dos cursos de Medicina que participaram das experiências anteriores, alguns alunos do curso de Ciências Biológicas reclamaram muito para fazer os mapas conceituais, especialmente o segundo mapa, mas mesmo assim pôde-se observar uma expansão de conceitos e uma evolução das proposições entre os conceitos. Alguns exemplos dos mapas conceituais são mostrados nas figuras 40 e 41 e 42 e 43 que mostram os mapas conceituais de dois alunos que optaram pela pontuação das atividades com o e-Metabolismo: Glicídios, e nas figuras 44, 45 e 46 e 47 e 48 os mapas de dois alunos que não optaram pela pontuação, mas que utilizaram o *software* em aula.

Como no segundo mapa a maioria dos alunos não colocou conceitos específicos de cada rota metabólica, resolveu-se modificar a solicitação do terceiro mapa, esclarecendo os pontos referentes a cada rota, que deveriam ser representados. Neste caso, o aluno recebeu um mapa já iniciado em uma folha de

papel A3 (pois os alunos reclamavam de espaço numa folha A 4) e foi solicitado a completá-lo.

Como critério de avaliação dos mapas conceituais, consideraram-se os conceitos relevantes representados e a evolução das relações entre eles, verificando-se, também, o poder explicativo, a inclusividade, a lógica e a coerência na colocação das proposições.

Dos 26 alunos que participaram do experimento, somente 18 produziram os três mapas conceituais, os quais encontra-se no CD-Rom em anexo, facilitando a visualização deles. A análise dos mapas mostrou os resultados semelhantes aos das experiências anteriores.

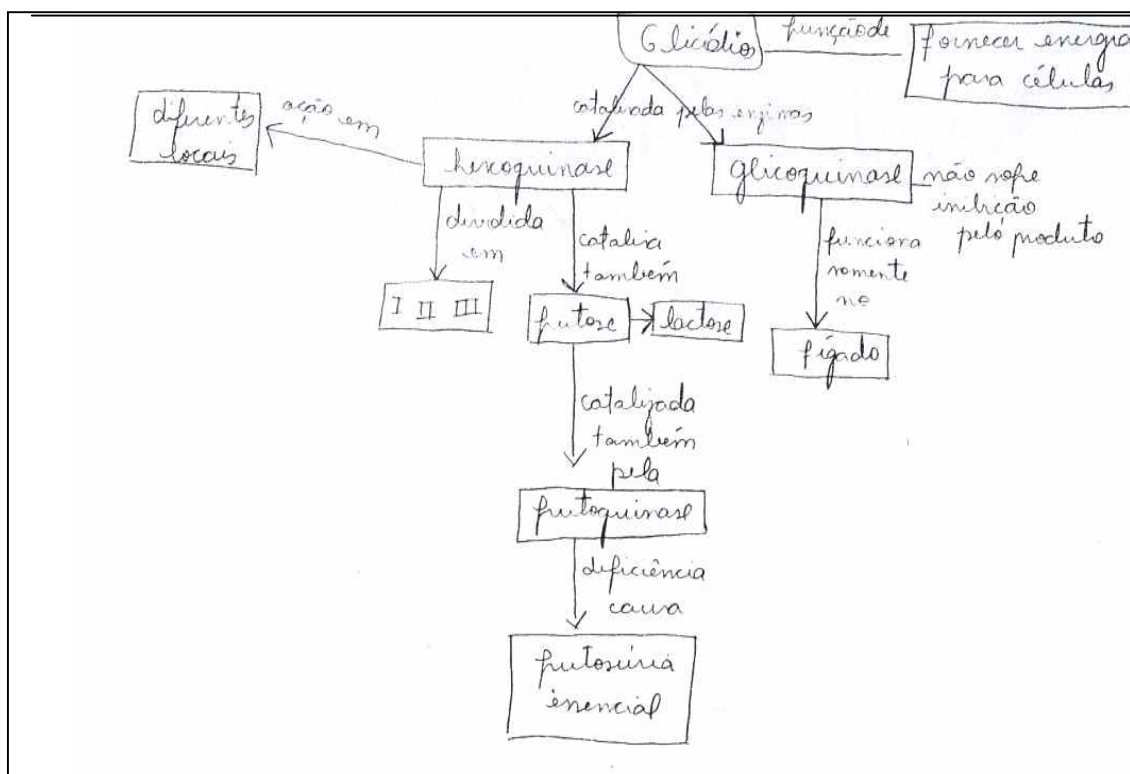


Figura 40. 1º Mapa Conceitual (usuário 221) - construído antes de iniciar o estudo

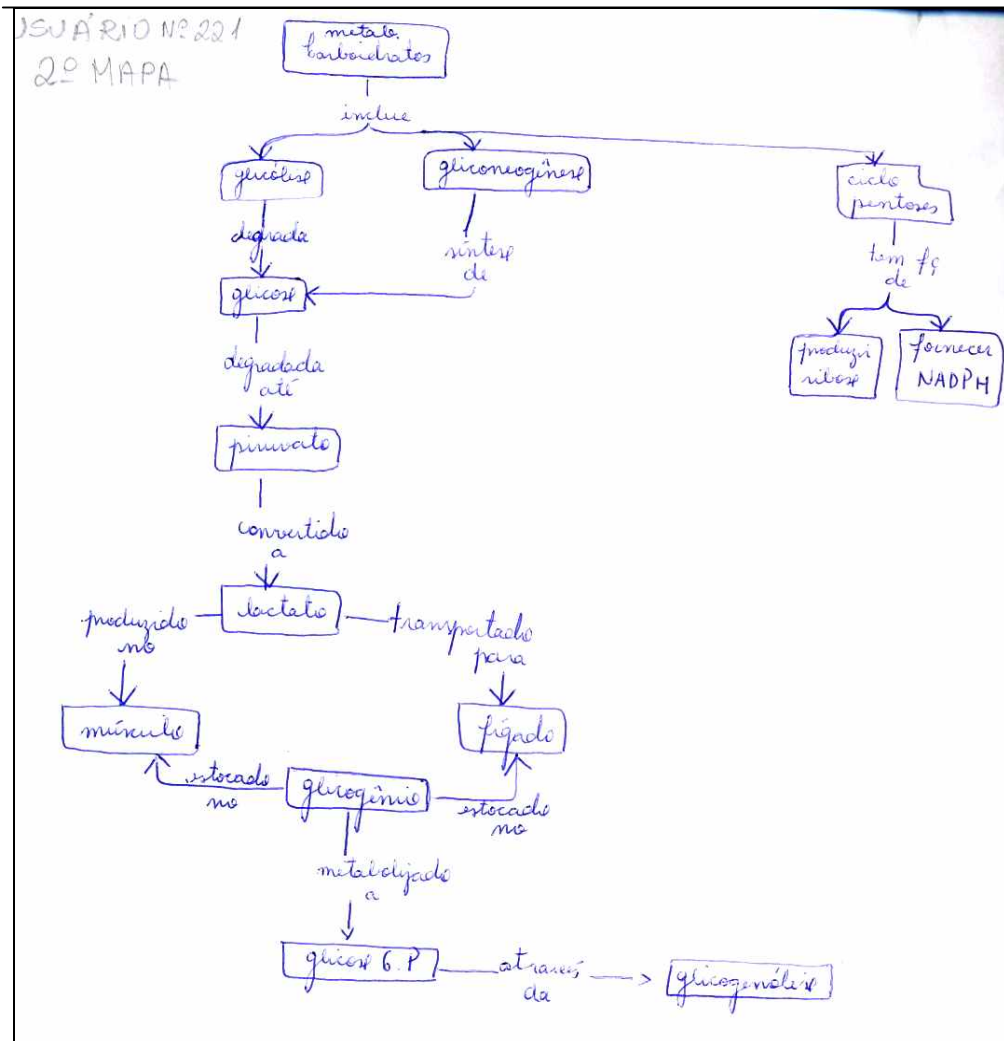


Figura 41. 2º Mapa Conceitual (usuário 221) - construído após o estudo

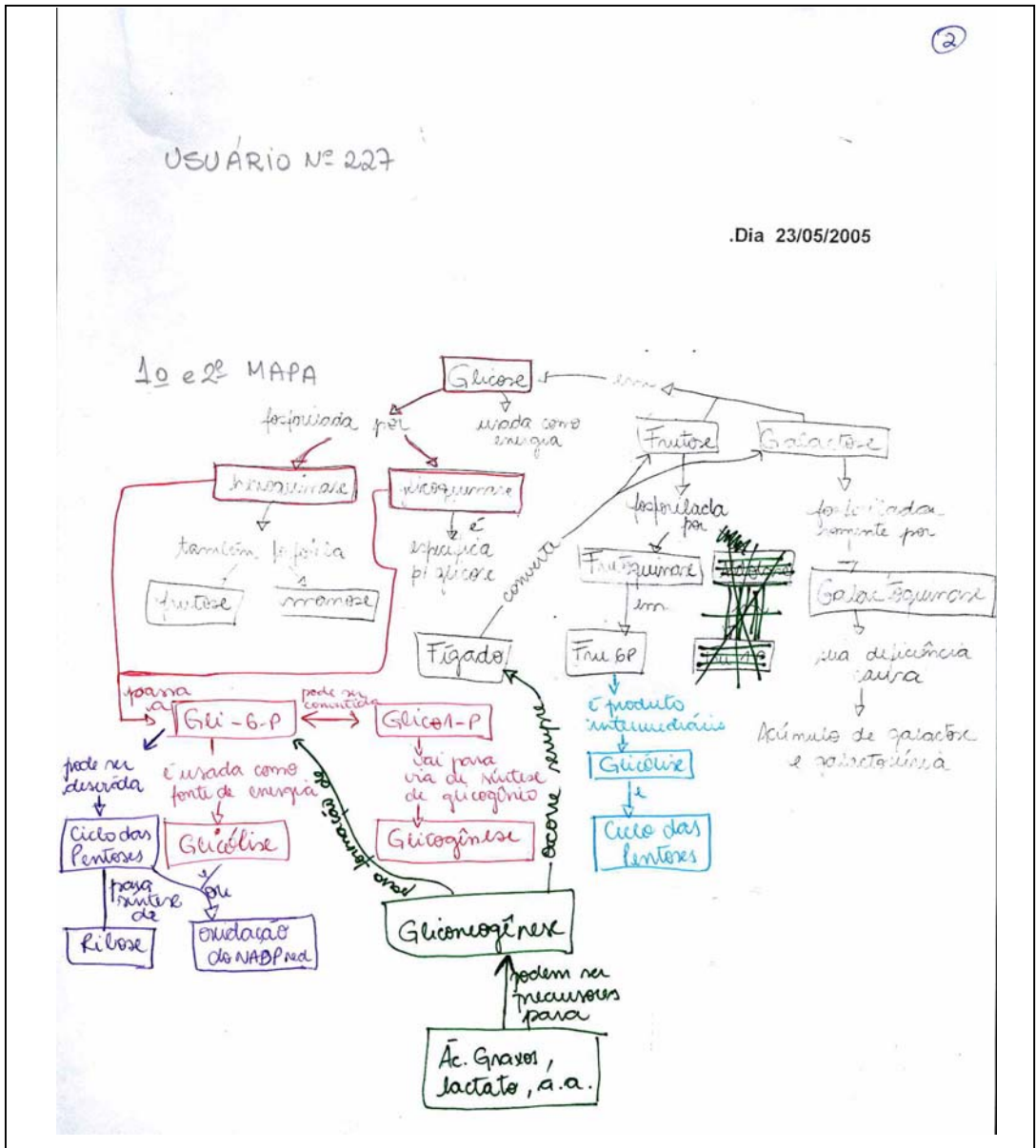


Figura 43. Mapa Conceitual (usuário 227) - Escrito em preto corresponde ao 1º mapa construído antes de iniciar o estudo e escrito colorido corresponde ao 2º mapa construído após o estudo

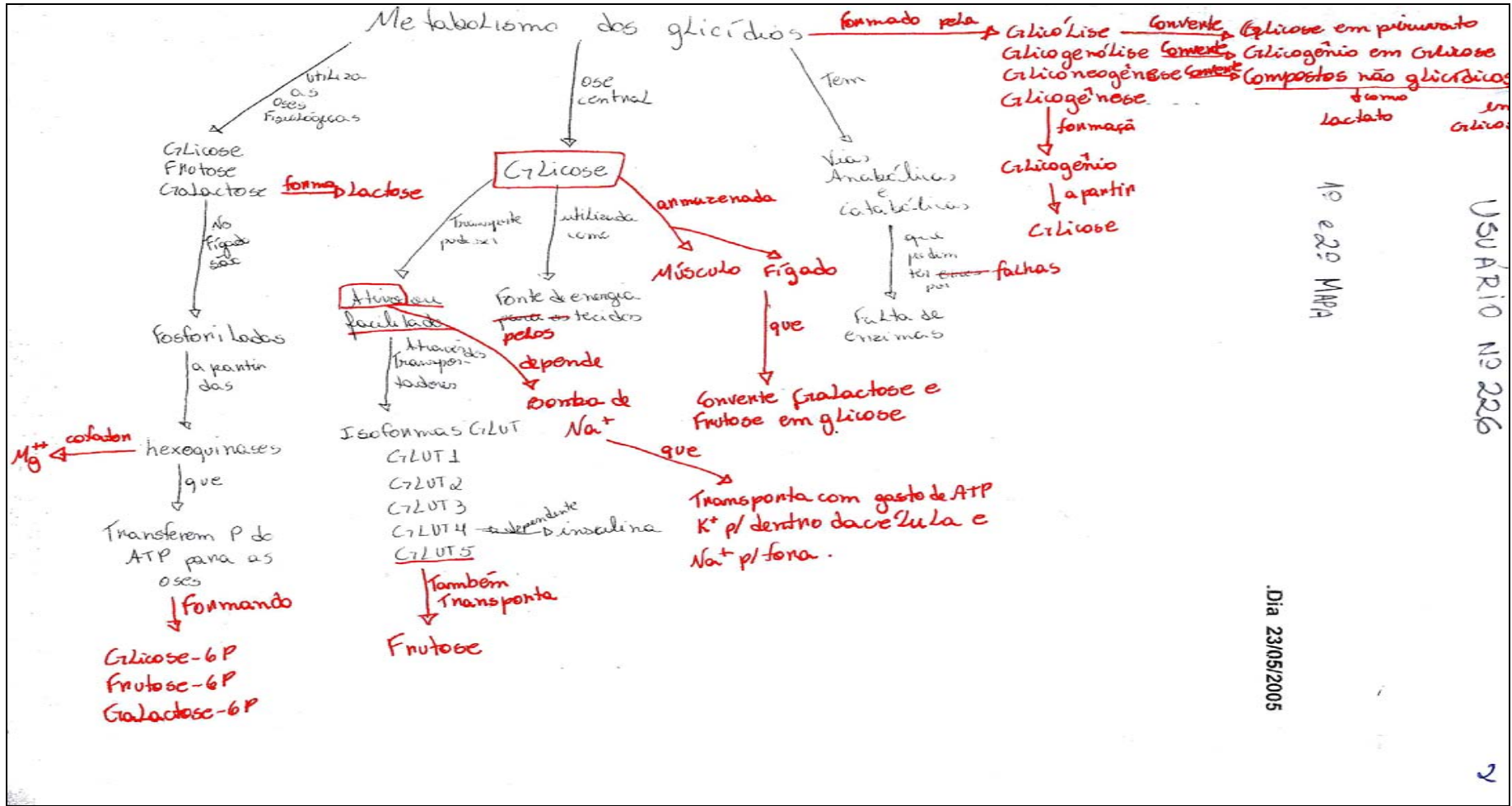


Figura 45. Mapa Conceitual (usuário 226) - Escrito em preto corresponde ao 1º mapa construído antes de iniciar o estudo e escrito em vermelho corresponde ao 2º mapa construído após o estudo

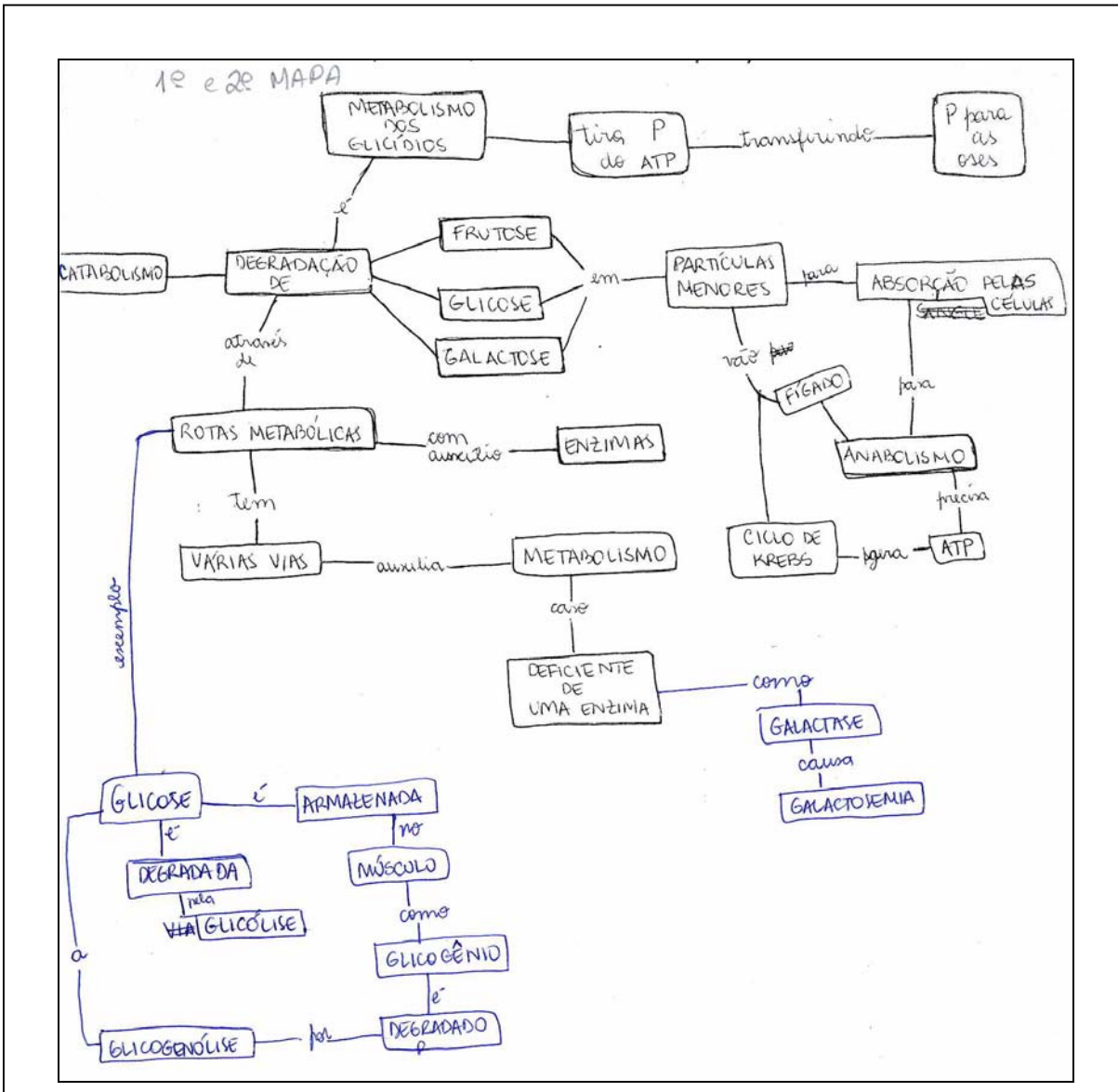


Figura 47. Mapa Conceitual (usuário 224) - Escrito em preto corresponde ao 1º mapa construído antes de iniciar o estudo e escrito em azul corresponde ao 2º mapa construído após o estudo

Uma prova escrita também fez parte da avaliação final dos alunos. A elaboração da prova visou avaliar o domínio cognitivo do aluno, com perguntas dissertativas.

7.4.2. Uma análise qualitativa

Na impossibilidade de relatar, neste trabalho, as atividades e interações de todos os alunos, um caso foi escolhido. Não se pretende aqui fazer um estudo mais detalhado da atividade cognitiva operativa, em virtude da opção do trabalho já realizado. Pretende-se apenas ilustrar o uso do *software*, mostrando os caminhos percorridos por uma aluna.

Entre o grupo de alunos da turma de Ciências Biológicas: Medicina a referida aluna se enquadra como uma aluna aplicada e estudiosa. Frequentou todas as aulas e aceitou que as atividades com o uso do *e-Metabolismo: Glicídios* fossem pontuadas e consideradas na avaliação final do capítulo. Sua participação em aula indicou uma dificuldade maior em entender o conteúdo apresentado pelo professor, fazia várias perguntas e pedia para repetir alguma explicação. Desde a primeira aula no laboratório de informática, a aluna se interessou pelo *software*, entrou no DMDV, mas não se sentiu segura para responder perguntas relacionadas com as peças do jogo. Escolhia sempre fazer o jogo, ler o texto complementar e depois fazer novamente o jogo, dessa vez, respondendo as questões.

O exemplo das dificuldades da aluna, perceptível através de sua participação no *software*, pode ser acompanhado no comentários abaixo, enviados por e-mail:

“A questão:

A degradação dos ácidos graxos ocorre na mitocôndria das células e produz Acetila CoA. Explique porque a formação de Acetila CoA a partir do piruvato também ocorre na mitocôndria.

Registro da resposta:

Acetil-CoA também é formada a partir da piruvato para que se tenha um maior número de moléculas disponíveis para participar do Ciclo de Krebs, um grande gerador da ATP necessária para a sobrevivência da célula.

O comentário do professor: Acho que não respondeste exatamente a pergunta formulada. Se a pergunta fosse por que a Acetil CoA é formada também a partir do piruvato a resposta estaria certa. Reveja a pergunta."

Meu Comentário:

Acho que não entendi a pergunta”.

Da mesma forma, através da análise da participação da aluna, foi possível interpretar sua informação de que não tinha entendido, o que permitiu ao professor explicar novamente o conceito e desafiá-la a raciocinar. A seguir mais um exemplo com uma outra resposta, também enviada por e-mail:

“A questão:

Classifique o tipo de inibição provocada pelo malonato, justifique a resposta.

Registro da resposta:

A inibição é competitiva pq o malonato compete com succinato pelo sítio ativo da succinato desidrogenase"

O comentario do professor:

Qual a característica do malonato que permite sua ação como inibidor competitivo?

Comentário do aluno:

O malonato tem estrutura muito semelhante ao succinato e, por isso, compete ativamente com ele”.

Em relação aos mapas conceituais construídos por esta aluna, antes de começar o estudo, logo depois de terminar as aulas deste capítulo e no momento da prova, podem ser feitas algumas observações. O número de conceitos e relações colocados no primeiro mapa indica que a aluna possuía algum conhecimento prévio sobre o conceito proposto. O segundo mapa apresentou uma pequena expansão

dos conceitos em relação ao primeiro, fazendo referência às rotas do metabolismo da glicose, relacionando a função de cada rota e citando algum mecanismo de controle, porém sem entrar em detalhes. O mapa conceitual construído no momento da prova final mostra que houve uma agregação de novos elementos bem maior em relação ao segundo mapa, o que pode ser percebido até mesmo pela observação do tamanho dos grafos. Pode se observar que após o estudo a aluna representou através do mapa conceitual um conhecimento do conteúdo trabalhado e completou todos os pontos solicitados pelo professor de forma correta, organizada e conseguiu fazer uma boa relação entre os conceitos, de tal forma que não se caracterizaram como fragmentos, mas sim como partes de um todo, o que sugere que a aluna tenha conseguido uma melhor compreensão do conteúdo. Os conceitos foram dispostos no mapa por ordem de relevância e sentido. Uma análise das relações entre os conceitos estabelecidas nos mapas conceituais mostra que ocorreu maior evolução e compreensão destas relações e, no sentido dos conceitos, nos dois primeiros mapas apareceu como relação várias vezes a palavra “que é”; “como”; “para” enquanto que no terceiro mapa encontra-se relações como “que ativa”, “que inibe” “formando” etc.... As proposições representadas por esta aluna em seus mapas conceituais (Figuras 49 e 50) sugerem que ela compreendeu o conteúdo em seu sentido mais complexo, que inclui generalizações, abstrações e disposição de conteúdos por ordem de relevância e sentido.

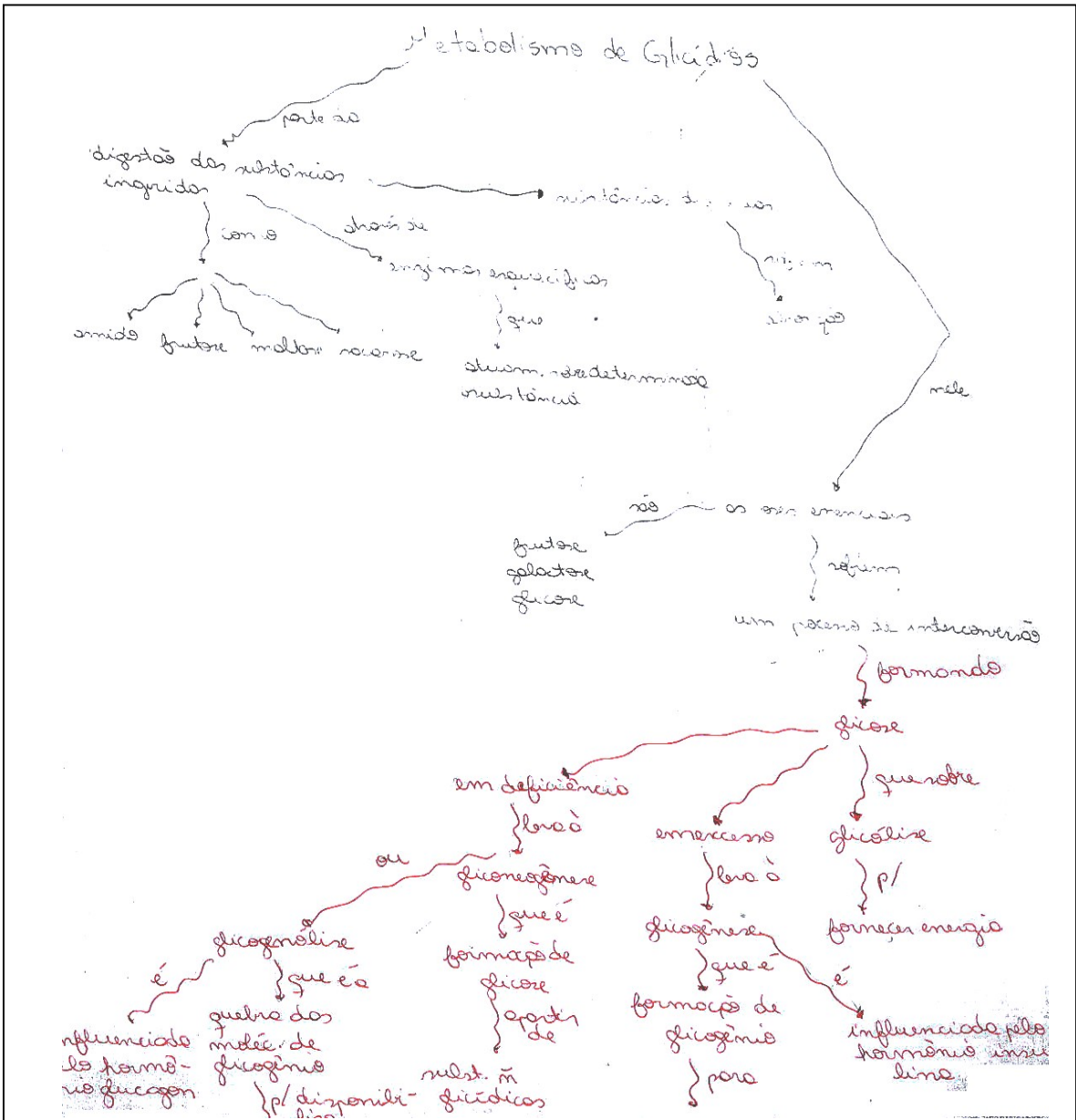


Figura 49. Mapa Conceitual (usuário 233) - Escrito em preto corresponde ao 1º mapa construído antes de iniciar o estudo e escrito em vermelho corresponde ao 2º mapa construído após o estudo

Apontando para a continuidade da pesquisa, o conjunto de registros do *software* viabiliza a possibilidade de que possam ser feitas avaliações relacionadas ao processo de aprendizagem de cada aluno. O percurso feito por esta aluna no ambiente no período de 6 de maio à 16 de junho de 2005 está resumido na tabela 6.

Tabela 6. Percurso feito por esta aluna no ambiente no período de 6 de maio à 16 de junho de 2005

Local	Data	Tempo Acesso	Tipo de Atividade	Respondeu perguntas	Respondeu comentários
	6/5/05	28 min	DMDV - Ciclo de Krebs	Não	-
Aula	6/5/05	5 min	Outros DMDV	-	-
Aula	6/5/05	12 min	Testos complementares	-	-
aula	9/5/05		entrou e saiu	-	-
Fora de aula	10/5/05	2 min	Texto Ciclo Krebs	-	-
Fora de aula	12/5/05	10 min	Textos objetivo e C.Krebs	-	-
Aula	13/5/05	40 min	Abriu Texto - DMDV C.krebs	Não	-
Fora de aula	14/5/05	2h 19 min	DMDV-Sequência C.Krebs	Sim	Sim (por e-mail)
Fora de aula	14/5/05	27 min	DMDV Balancete C.Krebs	Não	Sim (por e-mail)
Fora de aula	14/5/05	12 min	DMDV controle C.Krebs	sim	Sim (por e-mail)
Fora de aula	14/5/05	60 min	DMDV Inibição C.Krebs	sim	-
Fora de aula	14/5/05	25 min	Testes Objetivos		-
Aula	20/5/05	46 min	DMDV Digestão oses	Não	-
Fora de aula	22/5/05	57min	DMDV Digestão oses	Sim	Sim
Fora de aula	22/5/05	2 min	abriu textos Interconv. oses		-
Fora de aula	22/5/05	29 min	DMDV Interconversão oses	Sim	
Fora de aula	22/5/05	19 min	Testes Objetivos		
Fora de aula	25/5/05	44 min	Textos Interconversão.,glicólise e gliconeogênese		
Fora de aula	2/6/05	2 min	Textos objetivos e glicólise		
Aula	3/6/05	1h e 30min	DMDV gliconeog. Texto complem. DMDV	sim	Sim

Tabela 6 (continuação). Percurso feito por esta aluna no ambiente no período de 6 de maio à 16 de junho de 2005

Local	Data	Tempo Acesso	Tipo de Atividade	Respondeu perguntas	Respondeu comentários
Fora de aula	5/6/05	2 min	DMDV glicólise		
Fora de aula	5/6/05	58 min	DMDV glicólise seqüência de reações	sim	Não
Fora de aula	5/6/05	19 min	DMDV glicólise balancete	sim	Não
Aula	6/6/05	31 min	DMDV glicólise texto DMDV glicogênese.	sim	Sim
Aula	10/6/05	49 min	objet. DMDV pentose texto DMDV glicogênese.	sim	
Fora de aula	10/6/05	31min	Texto pentose e glicogênese		
Fora de aula	10/6/05	1min	DMDV gliconeogênese	sim	
Fora de aula	14/6/05	54 min	DMDV glicólise balancete aeróbico	sim	
Fora de aula	14/6/05	8 min	DMDV glicólise controle e inibição	sim	
Fora de aula	14/6/05	29 min	DMDV glicogênese- glicogenólise	sim	
Fora de aula	15/6/05	3 min	Texto Relações entre as rotas		
Fora de aula	16/6/05	6min	Texto Relações entre as rotas, objetivos e texto glicídios		
Fora de aula	16/6/05	27 min	Testes objetivos		
AULA	17/6/05		PROVA ESCRITA DO CAPÍTULO		

7.5. Experiências com alunos de outros cursos

7.5.1. Alunos do curso de Nutrição Universidade de São Paulo (USP)

O DMDV foi testado pelo Prof. Dr. Bayardo Torres e André Bianco na disciplina de Bioquímica do Curso de Nutrição da Universidade de São Paulo, e foi pedido aos alunos que respondessem um formulário sobre o ambiente, o resultado está no gráfico da figura 51

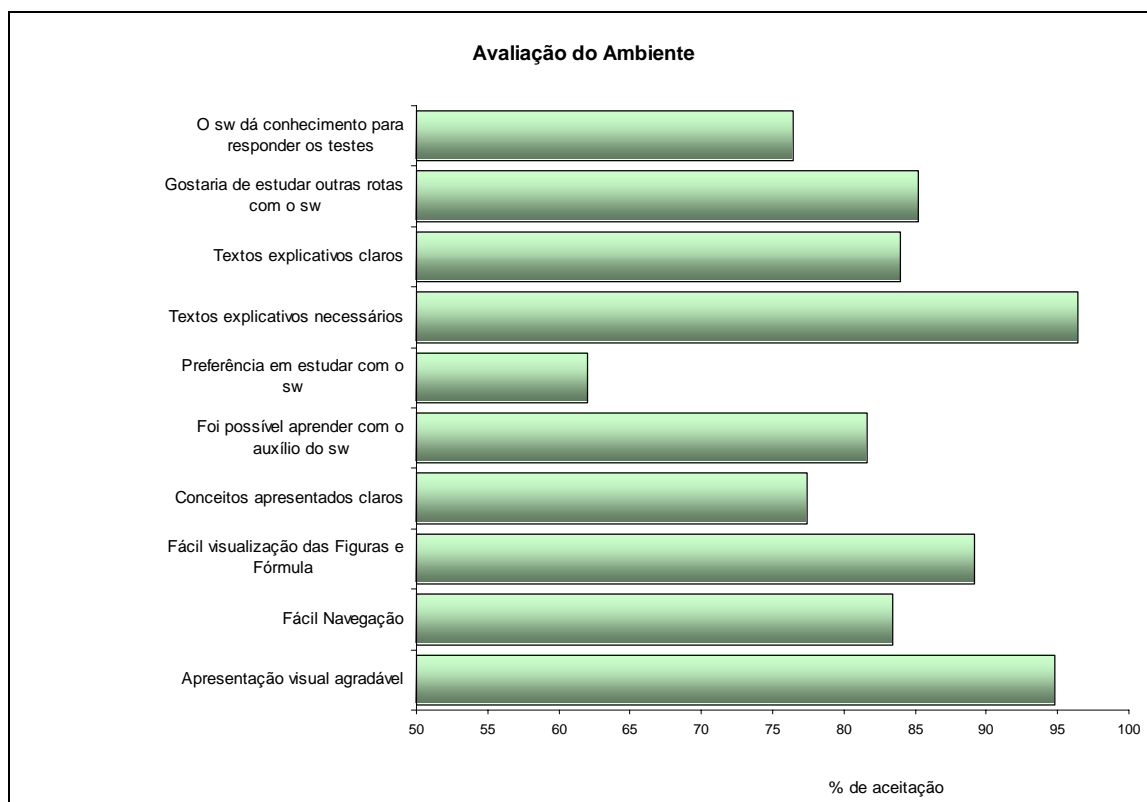


Figura 51. Gráfico da Avaliação do Ambiente de Programa (porcentagem de aceitação) por 39 alunos do Curso de Nutrição da USP -2004

7.5.2. Alunos do curso de Veterinária da Universidade Federal de Brasília (UnB)

O Prof. Wagner Fontes, da Universidade Federal de Brasília, utilizou o DMDV do Ciclo de Krebs com os seus alunos e enviou carta (anexo 9) com o seu parecer sobre o produto. Nesta carta, o professor relata textualmente: "(...)outro fator positivo notado foi a permanência de alunos em sala de aula, usando o programa, após o término do período de aula (depois de serem dispensados), fato que é observado em um número bem menor de alunos após aulas clássicas." Desmonstra, dessa forma, o interesse dos alunos com o novo método de estudo de Bioquímica.

7.5.3. – Alunos do curso de Farmácia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Os alunos da Disciplina de Bioquímica da Faculdade de Farmácia da UFRGS, ministrada pela Profa. Dra. Vera Treis Trindade, utilizaram o *software*, versão 1, Ciclo de Krebs, durante aula no laboratório de Informática do Instituto de Ciências Básicas da Saúde, no segundo semestre de 2004, e no primeiro semestre de 2005. Nos computadores do laboratório de informática foram instalados os *softwares* do Lehninger, do Cogito e o DMDV. Os alunos podiam escolher qual deles queriam usar. A observação da participação dos alunos e os comentários feitos durante a aula indicaram que os alunos ficaram entusiasmados com o DMDV e que gostaram de estudar com ele. Preencheram o questionário de avaliação dos aspectos operacionais do programa, cujos resultados já foram apresentados, no gráfico da figura 20, item 7.1. As respostas às perguntas em relação à satisfação com o uso do DMDV encontram-se na íntegra junto com as respostas dos outros alunos no anexo 10, e a análise textual e a categorização foram incluídas no item 7.6. que trata da satisfação do aluno com o uso do DMDV.

No primeiro semestre de 2005, a Profa. Vera Treis Trindade comunicou aos alunos que o DMDV sofrera uma série de atualizações e poderia ser utilizado na Internet, fornecendo o e-mail para solicitação de cadastro, o que foi feito por um aluno. Ao ser cadastrado, foi comunicado a ele que ao completar o seu perfil no ambiente o professor poderia acompanhar as suas atividades e comentar as respostas dadas as questões. Este aluno aceitou o desafio de interagir com outro

professor, através do ambiente, o que aponta para a potencialidade do uso do *software* em ensino à distância. Vários e-mails foram trocados e, a partir dos registros (CD-Rom em anexo) das atividades deste aluno, pode-se fazer as seguintes considerações:

- a) O capítulo estudado foi só o Ciclo de Krebs, durante três dias (16, 17 e 18 de maio de 2005).
- b) O horário de acesso variou entre o período do meio-dia e à noite, algumas vezes depois das 22h até à 1 hora da manhã.
- c) O tempo total de permanência no ambiente foi de 1h e 37 min no dia 16; 1h e 13min no dia 17; e no dia 18 permaneceu durante dois períodos, um de 1h55min e outro de 3h e 20 min.

Foram trocados vários e-mail e feitos alguns comentários no ambiente. Mesmo sem se conhecerem pessoalmente, a interação professor e aluno foi muito boa, possibilitando, inclusive comentários e pedido de ajuda para solucionar questões que, segundo o aluno, não havia encontrado resposta nem no Lehninger (livro clássico de Bioquímica) como pode ser visto nesta resposta: “*Desculpe, não sei esta, e não estou localizando no Lehninger. Podes enviar-me, se não for muito trabalho, material de apoio para esta questão. Obrigado*”. Isto demonstra que o DMDV desafiou o aluno na resolução de problemas e a buscar noutras fontes o conhecimento. Outra das respostas dadas: “*Desculpe-me, mas não entendi o que significa ‘de duas maneiras’. Com o aumento da concentração de Acetil-CoA, esta estimula a produção de Oxaloacetato...*” Mesmo não tendo entendido bem a

pergunta, ele a respondeu corretamente. A análise destes fatos relatados, baseada nos conceitos apresentados de Piaget, **pode sugerir** que o aluno tenha feito um reflexionamento, projeção do conhecimento em um patamar superior e uma reflexão, a qual permite a reconstrução e a reorganização do conhecimento transferido do patamar inferior, ou seja, realizando abstração reflexionante (BECKER, 1993)

Após este estudo, o aluno só entrou mais uma vez no ambiente, depois de um mês. Quando solicitado, respondeu ao e-mail da professora sobre o motivo de não ter mais acessado o e- Metabolismo:Glicídios dessa forma:

“Obrigado pela preocupação.

Realmente as coisas andam um pouco difíceis pois tenho tido que me preocupar com questões financeiras nos últimos tempos além dos 31 créditos da faculdade, 3 horas de inglês por semana, e por fim, estágio. Tudo iria tranquilo se não tivesse contraído uma hepatite há 3 meses... Contudo, creio que estou me virando bem. Conto isto para justificar-lhe a minha ausência.

Realmente adorei esta ferramenta e tenho a intenção de continuar estudando através dela não somente este semestre, mas nos próximos, de forma que não me esquecerei cedo desta matéria que tanto gosto.

Fiz a indicação a alguns colegas. Creio que entrarão em contato com a senhora.

Novamente, obrigado pela preocupação e o carinho.

Atenciosamente,”

7.5.4. Alunos do curso de Farmácia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)

O DMDV, primeira versão, com o Ciclo de Krebs, foi utilizado, na Disciplina de Bioquímica do curso de Farmácia da PUCRS, pela profa. Dra Maria da Graça Fauth, que enviou o seguinte comentário:

“No primeiro semestre de 2005 tive a oportunidade de trabalhar o *software* de tua autoria, com os alunos do Curso de Farmácia. Utilizamos o laboratório de informática da FABIO. Os

alunos simplesmente adoraram a aula e me pediram para fazer outras aulas com materiais semelhantes ao teu. Houve um grande entusiasmo e aproveitamento por parte deles, nunca foi tão fácil estudar o ciclo e cadeia respiratória. Na realidade, poderíamos ter trabalhado mais, mas não o fizemos por simples falta de tempo. Quero te dar os parabéns pela elaboração desse maravilhoso instrumento de estudo”.

7.5.5. Alunos do curso de Engenharia Ambiental da UNESP- Rio Claro

O *software* do Ciclo de Krebs foi também utilizado pela Profa. Dra. Eleonora Cano Carmona, do Departamento de Bioquímica e Microbiologia do Instituto de Biociências da UNESP, de Rio Claro, São Paulo, numa turma de alunos de Bioquímica do curso de Engenharia Ambiental, no primeiro semestre de 2005. Segundo relato da professora, na primeira aula ela apresentou o *software* aos alunos e na outra aula os alunos utilizaram o DMDV no laboratório de informática. As atividades interativas do DMDV ficaram registrados nos computadores utilizados e, após a aula, o monitor gravou estes registros. Não foi realizada uma análise destes registros, uma vez que, nesta versão, como foi relatado nas experiências anteriores, este registro não estavam bem implementados. A referência a este fato tem o objetivo de ilustrar o interesse da professora em testar o método. Os alunos também responderam a um questionário de avaliação, cujas respostas (apresentadas no anexo.10, junto com as respostas de outros alunos) demonstraram grande interesse dos alunos pelo produto e solicitaram que fosse acrescentados conteúdos relacionados com o curso deles, Engenharia Ambiental.

7.5.6. – Avaliação pelos alunos de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (UFRGS).

O ambiente *e-Metabolismo: Glicídios* foi avaliado por três grupos de alunos da disciplina Modelos pedagógicos para necessidades complexas de conteúdo científico e tecnológico (PIE-00031), do Programa de Pós-graduação em Informática na Educação da Universidade federal do Rio Grande do Sul como parte de um trabalho da disciplina. Todos os três grupos consideraram que o ambiente atendeu amplamente sua intenção de desenvolver uma atividade mediada por informática, com base nos conceitos construtivistas.

7.6. Avaliando a satisfação do aluno com o uso do e-Metabolismo: Glicídios

“Quando as pessoas se sentem bem, dão o máximo de si. As sensações positivas estimulam a eficiência mental, melhorando a capacidade das pessoas de compreender informações e aplicar regras de decisão a julgamentos mais complexos, além de aumentar a flexibilidade de seu pensamento”.

(Goleman apud Vila e Santander, 2003 p.86)

Para saber a opinião dos alunos e avaliar sua satisfação com o método de estudo, foi pedido a eles que respondessem a três perguntas, no Diário de Bordo do próprio ambiente, por e-mail, ou, ainda, por escrito numa folha contendo as questões fornecida pelo professor. As questões são as seguintes:

1ª. Avalie a atividade desenvolvida com o DMDV destacando os aspectos positivos e aspectos que poderiam melhorá-lo.

2ª. Quais as aprendizagens mais importantes que você destaca desta atividade?

3ª. Que sugestões podes dar para continuidade deste tipo de atividade?

Nesta análise estão considerados as respostas dos alunos dão curso de Medicina da FFFCMPA, da disciplina de Bioquímica do curso de Farmácia da UFRGS, turmas de 2004 e 2005 e dos alunos da Disciplina de Bioquímica do curso Engenharia Ambiental da UNESP de Rio Claro, no primeiro semestre de 2005.

Para a análise dos conteúdos das respostas deixadas no Diário de Bordo, foi utilizada a metodologia de análise de conteúdo descrita por Moraes e adaptada por Rosito (1998). A análise textual do conteúdo foi realizada nas seguintes etapas, com base nos dois autores citados:

- i. Organização e seleção do material: as respostas deixadas no Diário de Bordo por todos os alunos foram reunidas num mesmo documento.
- ii. Identificação das unidades de significado e codificação: na leitura de todas as respostas foram consideradas todas as expressões, frases ou parágrafos que expressavam a opinião de cada aluno.
- iii. Categorização das unidades de significado: a reunião das expressões, frases e parágrafos de conteúdos semelhantes originou categorias iniciais que, posteriormente, foram reagrupadas nas categorias finais.

iv. Organização de um texto descritivo: as unidades de significado de cada categoria foram reunidas e se estabeleceu relações lógicas entre elas, organizadas em texto descritivos da realidade estudada.

v. Interpretação do material descrito: foi feita a interpretação das respostas dos alunos, após a releitura dos textos descritos, considerando o explícito e tentando compreender o não dito.

As perguntas feitas aos alunos levaram a três itens fundamentais, os quais foram considerados como categorias emergidas das respostas, tendo sido desenvolvidas sub-categorias para facilitar a interpretação e a relação com os objetivos pedagógicos propostos pelo *software* :

- melhorar a aprendizagem (tendo como sub-categorias interatividade, visualização, uso de tecnologia/metodologia de ensino e memorização)
- aprendizagens mais significativas (também aparece a memorização neste item)
- aspectos a melhorar

Embora tivesse sido solicitado a todos os alunos que respondessem ao questionário, apenas 27 alunos dos alunos do curso de Medicina da FFFCMPA deixaram suas opiniões no Diário de Bordo. A primeira categoria que se refere a melhorar a aprendizagem das rotas metabólicas foi o aspecto positivo do *software* que apareceu em 70% das respostas da primeira questão e em 30% nas respostas da segunda questão. Esta questão deu origem à segunda categoria, a qual

complementou a primeira, uma vez que os alunos, na sua maioria, afirmaram que o DMDV melhorou a sua aprendizagem. Muitos alunos consideraram que a memorização é uma forma de aprendizagem, sendo que 7 das 27 respostas da 2ª questão e 6 das 27 respostas da 1ª questão indicam que a *memorização das rotas metabólicas* é a aprendizagem mais significativa. Como se verá a seguir, essa não é uma compreensão errônea do processo de aprendizagem, embora se tenha como idéia geral de que a simples memorização não contempla toda a complexidade da aquisição e uso de conhecimento. A maioria dos alunos (17) respondeu que a montagem do jogo facilita a *compreensão das rotas ou dos ciclos metabólicos*, sendo para eles esta a aprendizagem mais significativa.

Em relação à terceira categoria, que se refere aos pontos que devem ser melhorados no *software* destacam-se dois aspectos principais: o primeiro foi em relação aos conteúdos que ainda faltam ser colocados no DMDV, isso é perfeitamente justificado uma vez que, com exceção do Ciclo de Krebs, as outras rotas estão incompletas; o segundo ponto, indicado por cinco alunos, sugere que o DMDV deveria estar disponível na Internet. Convém salientar que oito alunos não apresentaram sugestões e dois alunos recomendaram a continuidade deste tipo de atividade.

No anexo 10 estão, na íntegra, as respostas deixadas pelos alunos, da FFFCMPA, da UFRGS e da UNESP-Rio Claro, no diário de bordo ou enviadas por e-mail ou pessoalmente); e com cores diferentes estão assinaladas as categorias encontradas, conforme a análise realizada. Vale salientar – e pode ser observado no mesmo anexo – que em um mesmo depoimento foi possível detectar mais de uma

categoria. Numa tentativa de representar, de forma organizada, as duas primeiras categorias escolhidas, juntamente com os depoimentos que lhes deram origem e suas possíveis interpretações, apresentam-se os Quadros 6, 7, 8,9 19, 11, 12 e 13 . Além dessas categorias e sub-categorias poderiam ser identificadas outras, decorrentes das palavras que aparecem em vermelho nos quadros. Também estão grifados (em negrito) termos presentes em alguns depoimentos, os quais também poderiam ser interpretados em outra categoria ou sub-categoria.

Sub-categorias	Depoimentos	Possíveis Interpretações
<p>Melhorar a aprendizagem:</p> <p>Visualização</p>	<p>“O DMDV foi útil para a visualização e melhor compreensão das reações estudadas, pois faz com que apliquemos os conhecimentos adquiridos em sala de aula”.</p> <p>“A visualização passo-a-passo das rotas possibilita um maior entendimento das mesmas, simplificando o aprendizado”.</p> <p>“DMDV é interessante, pois através dele vemos os ciclos funcionarem, nós trabalhamos (montamos) os ciclos, facilitando nossa memorização e conseqüente aprendizagem”.</p> <p>“A visualização da seqüência de reações, permitindo que o aluno tenha uma visão geral do metabolismo e o decore”</p> <p>“Achei interessante e é uma atividade diferente. Acho que o aprendizado se torna mais facilitado quando se consegue visualizar o mecanismo das reações das reações”</p> <p>“O programa promove uma maior interatividade do aluno com a matéria, proporcionando uma melhor visualização das reações, revisão do conteúdo e estimulação do raciocínio”.</p> <p>“Muito importante para o nosso aprendizado, pois com este software podemos visualizar os mecanismos das reações químicas, aprimorando o conteúdo aprendido em sala de aula”.</p>	<p>Os alunos que se referiram à visualização das rotas metabólicas, oportunizada pelo uso do <i>software</i>, corroboram a questão que foi apresentada no item 2.3 (contextualização do problema do ensino de Bioquímica), que justificou a realização deste projeto. O item se refere a uma particularidade do conteúdo de Bioquímica, difícil para o aluno pelo fato de lidar com conceitos abstratos (fórmulas que representam as reações que ocorrem nas células, em nível microscópico). Pelos depoimentos desses alunos,, pode-se perceber que a dificuldade do estudo deste conteúdo é real e que, na opinião deles, o DMDV pode auxiliá-los no estudo e na representação visual das reações.</p>

Quadro 6. Relação entre as sub-categorias da primeira categoria (melhorar a aprendizagem), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações.

Sub- categorias	Depoimentos	Possíveis Interpretações
Compreensão	<p><i>“A atividade é muito proveitosa, pois ao desenvolver os jogos, testamos o nosso conhecimento, dessa forma é muito mais fácil sabermos quais são as nossas principais dúvidas, as quais não aparecem estudando só em casa”.</i></p> <p><i>“Foi bastante proveitoso para a compreensão da matéria e interligação das etapas do metabolismo”.</i></p> <p><i>“O programa é bem didático e possibilita um bom entendimento da matéria”.</i></p> <p><i>“Acho bem positiva a finalidade do jogo, é uma maneira muito mais fácil de se aprender e entender a matéria”.</i></p> <p><i>“O programa é muito interessante, as reações são mostradas de forma clara, além de ser em português, o que facilita a compreensão”.</i></p> <p><i>“Reforço da matéria de forma interativa, facilitando a compreensão e a memorização”</i></p>	<p>Ao afirmar que o uso do <i>software</i> viabiliza a compreensão e operação com os conceitos propostos, possivelmente os alunos estão manifestando a ocorrência de um processo de abstração empírica (segundo conceito de Piaget, 1976). Essa interpretação, se estiver correta, corrobora o que foi proposto no item 6.5 deste projeto, relacionado à apropriação dos conceitos de Piaget para a análise das atividades pedagógicas propostas pelo <i>software</i>.</p> <p>A aprendizagem acontece quando o sujeito interage com o objeto, desenvolvendo progressos da assimilação e acomodação dos esquemas à experiência. (PIAGET, 1978).</p> <p>A manifestação dos alunos reforça a intenção presente desde o planejamento do <i>software</i>, de oferecer ao aluno oportunidades de construir seu próprio conhecimento.</p>

Quadro 7. Relação entre as sub-categorias da primeira categoria (melhorar a aprendizagem), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações

Sub-categoria	Depoimentos	Possíveis Interpretações
<p>Melhorar a aprendizagem:</p> <p>Interatividade</p>	<p><i>“Aspectos positivos do DMDV: interatividade; dinamismo; diversidade e abrangência de tópicos abordados”.</i></p> <p><i>“ O trabalho é muito válido: interativo, dinâmico”.</i></p> <p><i>“Eu achei o programa muito interessante, tem informações muito didáticas, e se destaca por que se aprende jogando”.</i></p> <p><i>“A atividade com o DMDV é muito lucrativo, pois possibilita ao aluno uma melhor avaliação de seu conhecimento na medida em que a atividade interativa aumenta o seu interesse e desenvolve o seu raciocínio sobre o conteúdo”.</i></p> <p><i>“Cada um pode estudar no seu ritmo e quantas vezes quiser, porem isso <u>não dispensa o professor de estar presente na aula</u>, pois as duvidas surgem durante o aprendizado”.</i></p> <p><i>“...a velocidade com que o aluno pode estudar a matéria, pois em aula, muitas vezes, não conseguimos captar o conteúdo. Repetir os passos de cada ciclo ou via também ajuda a entender melhor, o que seria difícil de fazer em uma turma com muitos alunos”.</i></p>	<p>Várias respostas confirmam o aspecto de interatividade do DMDV, outro aspecto pretendido no planejamento do <i>software</i> .</p> <p>A possibilidade oferecida no DMDV do aluno escolher como quer estudar, de que forma prefere interagir com os conteúdos e quanto tempo gastar numa atividade faz parte da interatividade do ambiente.</p> <p>No ensino convencional, nem sempre é possível ao professor adequar-se às necessidades de cada aluno, uma vez que cada um tem características individuais que devem ser respeitadas, justificando, portanto, o desenvolvimento de métodos flexíveis, com múltiplas formas de representação, acesso e graus de interatividade.</p> <p>Numa das respostas aparece a importância dada pelo aluno sobre o papel do professor como mediador.</p> <p>A análise dos comentários dos alunos sugere que esteja se alcançando o objetivo específico deste projeto: criar no <i>software</i> uma estratégia que permita ao aluno compreender as transformações dinâmicas que sofrem os substratos na rota metabólica em estudo, conforme os seguintes dizeres dos alunos.</p>

Quadro 8. Relação entre as sub-categorias da primeira categoria (melhorar a aprendizagem), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações

Sub-categoria	Depoimentos	Possíveis Interpretações
<p>Melhorar a aprendizagem:</p> <p>Memorização</p>	<p><i>“Achei interessante estudar pelo programa, já que na aula eu estava meio-perdida. Acredito que é com exercícios e resumos que conseguimos memorizar a maioria do que aprendemos em aula”.</i></p> <p><i>“O DMDV é um ótimo exercício para fixação, bem importante, já que, infelizmente, é necessária a memorização das vias metabólicas”.</i></p> <p><i>“Software de boa didática, que possibilita a memorização, consolidando o conhecimento”.</i></p> <p><i>“Os diagramas das seqüências de reações são bons para memorizar”.</i></p> <p><i>“O fato do aluno ir montando por conta própria as reações ajudam na memorização do conteúdo”.</i></p> <p><i>“O DMDV serve para fixar as seqüências das reações. Se esse é o objetivo, imagino que será alcançado”.</i></p>	<p>A memória como parte do processo de aprendizagem aparece em algumas respostas dos alunos. O conceito de aprendizagem para muitos alunos está relacionado com a memorização. Nesse sentido, considerou-se que o termo memorização, nesse caso, não se refere a uma simples <i>decoreba</i> dos passos da rota, mas à aprendizagem como uma aquisição de novas informações e conhecimentos relativos a esse tema. Esta interpretação apóia-se na pesquisa neurocientífica contemporânea, que trata da função mental da memória como uma característica inseparável dos processos cognitivos. “A memória é a aquisição, a formação, a conservação e a evocação de informações. A aquisição é também chamada de aprendizagem: só se ‘grava’ aquilo que foi aprendido”. (Izquierdo, 2002 pg 9). Nos animais, especialmente nos humanos as memórias provêm de experiências (Izquierdo, 2002), devendo ser trabalhada no processo de ensino-aprendizagem. Piaget e Inhelder (1979) analisam a questão da Memória sob o ponto de vista psicológico, destacando a importância da mesma no processo cognitivo inteligente do indivíduo. Para ele a memória é parte constitutiva do sistema cognitivo, e esta se organiza mediada pela memória. Assim as lembranças estão ligadas, sob formas diversas, a esquemas de ações e de operações. A própria conservação dos esquemas específicos dos aspectos operativos da ação ou da inteligência necessita da memória, sendo que esta se estrutura nas conexões entre a assimilação e as diversas formas possíveis de acomodação dos mesmos esquemas aos objetos assimilados. Assimilação que não existe sem acomodação, assim como a acomodação não ocorre sem a assimilação, garantindo uma forte ligação entre o reconhecimento e imagens-lembranças com os esquemas de assimilação. Estimular e facilitar o reconhecimento dos substratos e enzimas que compõem uma rota metabólica, através de estratégias visuais, textuais, lúdicas, etc., de forma a apoiar a formação de memórias consistentes, pelos alunos, também fez parte dos objetivos identificados desde o planejamento do <i>software</i>.</p>

Quadro 9. Relação entre as sub-categorias da primeira categoria (melhorar a aprendizagem), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações

Sub-categorias	Depoimentos	Possíveis Interpretações
<p>Melhorar a aprendizagem:</p> <p>Uso de novas tecnologias educacionais</p>	<p><i>“É uma forma alternativa de estudo, o que é muito bom por que não ficamos na mesmice dos livros”</i></p> <p>.</p> <p><i>“Acho bem positiva a finalidade do jogo, é uma maneira muito mais fácil de se aprender e entender a matéria”.</i></p> <p><i>“O DMDV representa uma forma extra de estudos, que, utilizado de maneira adequada, serve perfeitamente aos seus propósitos”.</i></p> <p><i>“A inclusão de mais atividades interativas como os jogos e seqüências de reações, pois elas nos obrigam a raciocinar e aplicar nossos conhecimentos, ao invés de restringirmos a leituras cansativas”</i></p> <p><i>“Os mecanismos das reações. A idéia de completar os quadrinhos com enzimas e substratos é muito boa porque obriga o aluno a raciocinar sobre os produtos que entram e saem (em cima das plaquetas)”.</i></p>	<p>O método de estudo que usa a informática e difere do tradicional aparece nas respostas, que evidenciam a percepção dos alunos com relação à questão proposta neste projeto, na contextualização das mudanças que vêm ocorrendo com o ensino médico em função da informatização. Também refere-se às necessidades específicas ensino de Bioquímica, de desenvolvimento de novas linguagens, articulando textos e imagens, em novos suportes com capacidade de armazenar, processar e compartilhar informações.</p>

Quadro 10. Relação entre as sub-categorias da primeira categoria (melhorar a aprendizagem), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações

Sub-categorias	Depoimentos	Possíveis Interpretações
<p>Aprendizagens mais significativas</p> <p>Simplificação do conteúdo</p>	<p><i>“Saber relacionar a seqüência de ciclos e familiaridade com as enzimas, inibidores e substratos”.</i></p> <p><i>“As montagens dos ciclos tornam mais claro e simples o estudo da disciplina”.</i></p> <p><i>“Ajuda a fixar a matéria, e melhor entender, pois o aluno questiona alguns passos dos ciclos ou vias”.</i></p> <p><i>“A memorização de reações essenciais para a compreensão do metabolismo dos glicídios que, sem o DMDV, seria mais difícil”.</i></p> <p><i>“Saber identificar as enzimas que atuam, onde ocorre gasto de energia, qual o produto formado em cada reação. E também muito bom para a memorização, sendo uma boa fonte de estudos”.</i></p> <p><i>“...o programa simplifica a maneira de aprendermos e entendermos a Bioquímica”.</i></p> <p><i>“O software foi muito proveitoso no momento em que possibilitou rever pontos que não tinha compreendido muito bem, principalmente os mecanismos de lançadeira”.</i></p> <p><i>“O jogo oferece oportunidade de aprender com os erros, já que encaixes errados são apontados”.</i></p>	<p>A facilitação do acesso a um conteúdo reconhecidamente difícil e árido foi, na verdade, a primeira intenção do planejamento do <i>software</i>, a qual, ao que parece, pelas manifestações dos alunos, foi alcançada, independentemente de qualquer justificativa teórica, a qual, entretanto, permite que se interprete o processo ocorrido. Sugere-se que a percepção dos alunos de que o conteúdo foi simplificado deveu-se ao fato de que foi apresentado na forma de um desafio dinâmico, que se renovou, ao longo de vários momentos diferenciados do <i>software</i>, gerando um processo de permanente desequilíbrios cognitivos, que levaram o aluno a buscar novos patamares, com respectivas assimilações e acomodações de novos conhecimentos para vencer os desafios propostos (Piaget, 1976). Além disso, como foi proposto no referencial teórico deste projeto, a simplificação citada poderia ser interpretada porque os alunos realizam interações características das formas lógico-matemáticas, nas quais exercitam operações de seriação e correspondência, necessárias à compreensão do metabolismo.</p>

Quadro 11. Relação entre as sub-categorias da segunda categoria (aprendizagens mais significativas), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações

Sub-categorias	Depoimentos	Possíveis Interpretações
<p>Aprendizagens mais significativas</p> <p>Relação entre as rotas</p>	<p><i>“O ciclo de Krebs e A cadeia respiratória são os pontos que acredito ter assimilado melhores através do DMDV”.</i></p> <p><i>“As seqüências de reações da Via Glicolítica, do Ciclo de Krebs e Cadeia Respiratória”.</i></p>	<p>No DMDV, no item balancete energético é mostrado apenas que os elétrons, numa reação de oxidação do substrato, são entregues para a Cadeia Respiratória (esta rota não está apresentada). No entanto, este ponto aparece em algumas respostas como uma aprendizagem significativa.</p> <p>Algumas relações não estavam diretamente trabalhadas no DMDV, mas, mesmo assim, o aluno considerou que o <i>software</i> possibilitou o entendimento deste ponto. Por exemplo, cadeia respiratória é uma seqüência de reações de óxido-redução que ocorre nas mitocôndrias das células transferindo os elétrons do substrato até o oxigênio, produzindo ATP.</p> <p>Esse tipo de resposta sugere que ao montar o jogo de seqüência lógica de uma rota metabólica o aluno conseguiu relacioná-la com outra, mesmo sem visualizá-la. Este seria um processo de abstração reflexionante, porque o aluno já estaria operando com um conceito para relacioná-lo a outro, em níveis abstratos.</p> <p>Abstração, nesse caso, não seria equivalente a pensamento não concreto, mas à operação cognitiva que o aluno realiza ao destacar algo do seu ambiente, compreendendo suas propriedades específicas e sua função em relação ao todo. Consistiria, desta forma, uma evidência de que o aluno desenvolveu estruturas de pensamento suficientemente claras e definidas para aquele objeto, formando esquemas assimiladores a partir dessa estrutura e permitindo compreender sua função (BECKER, 1993).</p>

Quadro 12. Relação entre as sub-categorias da segunda categoria (aprendizagens mais significativas), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações

Sub-categorias	Depoimentos	Possíveis Interpretações
<p>Aprendizagens mais significativas</p> <p>Memorização das rotas</p>	<p><i>“Os ‘jogos’ são a melhor maneira de tornar as rotas metabólicas mais acessíveis aos alunos. Para a fixação do que mais interessa de todas as rotas, e os testes objetivos são perfeitos para isso”.</i></p> <p><i>“Memorização das rotas, inibições e regulações”.</i></p> <p><i>“A gente monta o quebra cabeça e memoriza a imagem”.</i></p> <p><i>“Montagem das reações = memorização”.</i></p> <p><i>“A visualização das rotas metabólicas interativas auxilia sobremaneira o entendimento (sic) em virtude da memória visual, por isso seria interessante que pudéssemos imprimir as rotas”.</i></p>	<p>A relação da memória com a aprendizagem também aparece nesta categoria de aprendizagem mais significativa, além da primeira categoria já discutida (melhorar a aprendizagem). Nesta sub-categoria, o aluno referiu-se ao papel dos testes objetivos na fixação do conteúdo. Comumente menos valorizados enquanto instrumentos de estímulo à construção de conhecimento pelo aluno, os testes objetivos, nesse caso, estão inseridos dentro de um conjunto de atividades e parecem ter cumprido uma função complementar, nesse caso.</p>

Quadro 13. Relação entre as sub-categorias da segunda categoria (aprendizagens mais significativas), os exemplos de depoimentos e as possíveis interpretações

Com relação à terceira categoria (aspectos a melhorar), não foram identificadas sub-categorias, uma vez que as sugestões foram gerais e levadas em conta para modificações que já ocorreram ou poderão vir a ocorrer. A seguir estão exemplificadas algumas das sugestões:

I. “Disponibilidade para acesso em casa” foi um pedido de vários alunos, atendida na versão do *software* para acesso via Internet, em fase de implantação:

“o software é bom.. mas eu gostaria de poder utilizar em casa, por isso seria mais interessante, no meu ponto de vista, se ele estivesse disponível via web, não

necessariamente para download, mas para uso via web. Por exemplo em Flash, que permite uma interface agradável e compatível com a internet”.

“Seria mais útil e cômodo se pudéssemos acessá-lo em casa, nos auxiliando nos estudos. É uma forma de testar se realmente a matéria foi fixada por nós”.

“A disponibilização do software para ser utilizado em casa”.

“Poderia haver uma maneira de adquirirmos o programa para podermos usá-lo em casa, pois aqui na faculdade os computadores são muito lentos”.

“O programa DMDV deveria estar disponível aos alunos, através de acesso via internet, podendo assim ser acessado em suas residências”.

“Só lamento por o programa não estar disponível na Internet”.

II. Neste levantamento de sugestões, bem como em comentários orais e observações do uso do *software* em aula surgiram solicitações para imprimir o jogo após complementação. Embora não tenha sido esse um objetivo do planejamento, interpretou-se que os alunos querem “orgulhar-se” de possuir uma rota completa de sua autoria, embora desenhos desse tipo estejam disponíveis em livros da área. Um ícone para acessar a impressora pode ser cogitado em futuras versões:

“Acho que deveríamos ter a opção de imprimirmos as vias após tê-las completado”.

...”Outra sugestão seria de termos a opção de impressão das rotas que foram feitas no jogo”.

III. Como o DMDV ainda está em fase de desenvolvimento, faltam muitos conteúdos a serem disponibilizados, o que é o caso dos testes de escolha múltipla,

que são ainda em número reduzido. A razão da repetição é o fato de que os testes são ofertados de forma randômica. Esta deficiência deverá ser corrigida:

“...uma maior disponibilidade de testes de múltipla escolha com comentários da resposta certa”.

“Mais testes, mais ciclos e alguns vídeos explicando o funcionamento das reações”.

“Evitar a repetição de perguntas de múltipla escolha”.

“questões de múltipla escolha repetem-se por diversas vezes; os textos, quando solicitados, deveriam aparecer de maneira mais objetiva”.

“Na parte em que respondemos as questões, elas muitas vezes se repetem”.

“Acho que as respostas das questões das seqüências de reações podiam estar disponíveis para esclarecer nossas dúvidas. Também podia ter correção dos testes de múltipla escolha”.

IV. Incorreções no conteúdo e na navegação apareceram nas respostas, a serem corrigidos na versão definitiva:

“...acrescentar alguns tópicos e revisar outros, visto que, em alguns pontos, há peças faltando ou em excesso”.

“Creio que as considerações apresentadas sobre o Ciclo de Krebs estavam muito completas e que, se todos os conteúdos sobre glicídios forem apresentados da mesma maneira, o DMDV ficaria completo”.

V. Algumas sugestões e elogios para o DMDV foram, também, apresentados, muitos dos quais relacionados à categoria “melhorar a aprendizagem”. De um modo geral, todas elas corroboram a intenção do planejamento do software, suas possibilidades e sua função:

“Devemos continuar com esse tipo de trabalho, uma vez que auxilia nas aulas teóricas”.

“O acesso na biblioteca também é muito válido. Podemos assim estudar e aproveitar o software fora das aulas”.

*“Iniciar esta atividade concomitantemente com as aulas teóricas a fim de melhorar a **assimilação** do conteúdo abordado em sala de aula”.*

“Uma sugestão minha seria a de quando estamos montando as rotas, no momento em que erramos alguma parte do jogo, abrir um pequeno quadro explicativo, com a explicação daquela parte que erramos. Também acho que poderia haver um simulado geral, envolvendo todas as rotas”

“ que os mapas pudessem ser visualizados inteiros na tela, sem precisarmos "arrastá-los" para o lado ou para cima”.

“Colocar barra lateral ao invés de flechas para selecionar os quadrados”.

“Deveria ser melhorado com mais questões objetivas, pois o resto esta ótimo”.

“Espero que continue esse tipo de atividade”.

“Espera-se que se possa aproveitar ao máximo o jogo e que as alterações sugeridas sejam efetuadas. (acrescentar alguns tópicos e revisar outros, visto que, em alguns pontos, há peças faltando ou em excesso)”.

“ Sugiro que os testes sejam organizados de forma que as respostas não venham sempre na mesma ordem. As perguntas repetem-se infinitamente... Logo poderá ter alguma que não vimos ou alguma que vimos tantas vezes que já sabemos a respostas de cor (fosfofrutoquinase....)”.

“Continuar intercalando momentos de aula com aulas na informática”.

“Além dos textos de ajuda, deveria possuir breves explicações de pontos importantes durante a seqüência de reações”.

A análise das respostas dos alunos sugere a validade do uso do DMDV conforme o resumo das conclusões das opiniões deles.

Como resumo das observações feitas a partir da avaliação dos alunos, poderia ser dito que:

- de maneira geral os alunos ficaram satisfeitos com o método de estudo, demonstrando que facilitou a aprendizagem do conteúdo;

- o DMDV foi usado de maneira interatividade e o jogo auxiliou na visualização, na compreensão e na relação entre os conceitos de uma rota metabólica;

- a memorização das rotas metabólicas foi o ponto mais destacado da aprendizagem com o DMDV;

- o DMDV pode ser usado de acordo com o ritmo e interesse do aluno, mas não dispensa o professor;

- os alunos solicitaram a disponibilização na internet do DMDV;

As sugestões feitas pelos alunos são quase todas viáveis de serem acatadas, sendo que o ambiente já está disponível na Internet

7.6.1. Opinião dos alunos do curso de Ciências Biológicas:modalidade Médica da FFFCMPA sobre o uso do *e*-Metabolismo: Glicídios, em 2005

Aos alunos do curso de Ciências Biológicas: Medicina da FFFCMPA, Disciplina de Bioquímica, primeiro semestre de 2005, foi enviado um e-mail, a cada um dos alunos, solicitando sua opinião sobre o uso do *e*-Metabolismo: Glicídios.

Exemplos de algumas das opiniões dos alunos estão mostrados a seguir:

“ Acho que o DMDV ajuda a fixar os conteúdos dados em aula, e raciocinar em cima deles. Gosto bastante dos textos complementares e das perguntas que são feitas durante o preenchimento das seqüências de reações. Acho que poderia haver mais perguntas inclusive.

Acredito que o método é muito bom, o problema maior é a falta interesse de alguns alunos”.

“Eu gostei muito da nova didática com o método de DMDV.

Os aspectos positivos são que eu pude ter uma visão geral da seqüência das reações, pude facilmente consultar uma bibliografia sobre o assunto, as respostas vão automaticamente para a professora,ou seja ela pode acompanhar os passos do aluno.me adaptei muito bem ao método.creio que seja válido”.

“Respondendo ao seu e-mail acho a atividade com o DMDV muito boa, pois mesmo que os jogos não sejam feitos existe o material para consulta que às vezes pode ser mais esclarecedor que os livros. Os jogos também foram muito bem elaborados com perguntas-chaves que nos fazem raciocinar sobre a via metabólica estudada, não apenas decorá-la. Para mim, dispor deste programa é um estímulo aos estudos, já que gosto de estudar no computador. O problema é que é preciso dispor de tempo para resolver os jogos, responder as perguntas e depois verificar seus comentários, mas acho que a falta de tempo é um problema que devemos administrar. Também acho que deveria haver um meio de salvar nossas atividades quando ficassem inacabadas, pois às vezes dá para fazer o jogo, mas não dá para responder as perguntas, que poderiam ser respondidas mais tarde, assim não seria preciso repetir tudo de novo”.

A análise das opiniões, exemplificadas acima, indicam que os alunos aprovaram o método de estudo e tiveram satisfação com o uso do ambiente.

8. CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE EDUCACIONAL

8. 1. Construção pessoal do conhecimento ao longo do trabalho

O desenvolvimento de um *software* educacional de Bioquímica abrange várias áreas do conhecimento, entre elas Informática, Educação, Psicologia e Bioquímica. Exige, portanto, um trabalho em equipe e necessita a participação dos alunos durante todo o processo, como avaliadores da operacionalidade e da eficácia como material educacional. Nesse sentido, todo o trabalho constituiu uma verdadeira construção de conhecimento teórico e prático para a autora.

Com formação na área das Ciências Exatas, voltada para a execução de trabalhos de laboratório e pesquisa científica, a autora encontrou na atividade de criação do *software* educacional um aprendizado em várias outras áreas, começando pelo conhecimento de teorias pedagógicas e seus respectivos conceitos, terminologias e estruturas de raciocínio, o principal deles, talvez, sendo o próprio conceito de epistemologia genética, o qual, ao contrário da concepção científica (relativa ao gene), refere-se ao nascimento da estrutura mental endogenamente ao indivíduo (sujeito). Outro exemplo é o termo abstração, tomado como algo não concreto, mas que foi utilizado na pesquisa, segundo o termo

proposto por Piaget, referindo-se à ação de separar o que é relevante, destacar algo de seu ambiente²⁰. Nesse sentido, esta foi uma dificuldade epistemológica da realização da pesquisa voltada para fins educacionais.

Além das questões conceituais, os problemas práticos foram dirigindo o aprendizado. Por exemplo, o ponto de partida do jogo foi um tabuleiro, com sua respectiva dinâmica e característica espacial de dimensões incompatíveis com o tamanho da tela do computador. Foi necessário planejar uma dinâmica para as rotas metabólicas compatível com a interatividade e a interface da tela (arrastar-colar), o que, por si, já correspondeu a um aprendizado relativo à adaptação da linguagem do jogo.

Entretanto não foi o único. Uma vez desenvolvida a interface eletrônica do tabuleiro, percebeu-se que a atividade era puramente mecânica, incompatível com o modelo pedagógico proposto, que exigia a conscientização do aluno a respeito de seu conhecimento prévio e, simultaneamente, uma ação coordenada entre a escolha da peça (representando um composto) e a função desse composto na rota metabólica (abstração reflexionante). Para agregar valor educacional ao *software*, passando desta etapa puramente diretiva, desenvolveram-se estratégias de desafios mais complexos aos alunos, através de perguntas relacionadas às peças, que possibilitariam ao aluno realizar coordenações, provocando desequilíbrios e adaptações das estruturas mentais. Ao ambiente foram também agregadas novas características, como o envio de respostas (as quais parecem demonstrar que estão ocorrendo os processos de assimilação e acomodação anteriormente referidos) e a

²⁰ Ver referência ao termo abstração no item 4.1.2, página 72.

troca de comentários com o professor. Este foi um processo, ao mesmo tempo prático e conceitual, uma vez que a demanda pedagógica gerou soluções técnicas e implementação de novos recursos para o *software*. Esse mesmo diálogo entre as necessidades pedagógicas e as ferramentas tecnológicas também ocorreu no momento em que se desenvolveu uma versão do *software* em linguagem Java, suficientemente flexível para ser utilizada, via Internet, com todas as facilidades da interação.

Como uma verdadeira construção de conhecimento, também a atividade de desenvolvimento e aplicação do *software* foi dinâmica e deverá ter continuidade, uma vez que todas as adaptações foram geradas na prática de aplicação do *software* com os alunos. O grande desafio do conhecimento construído neste processo, pela autora, foi a observação dos alunos, a constatação de suas dificuldades; de suas estratégias de uso do *software* frente ao desafio proposto, das condições reais de acesso à tecnologia; das diferenças entre os alunos, quanto ao uso e às preferências por uma ou outra atividade proposta; e as dificuldades de mensuração do crescimento cognitivo dos alunos.

Do ponto de vista pessoal, foi importante vencer as barreiras da multidisciplinaridade, tanto quanto da convivência (ou dependência) do programador, felizmente conhecedor do conteúdo de Bioquímica (sem o que, possivelmente, teria sido impossível realizar a tarefa).

8. 2. Descrição feita pelo programador

Gustavo Lazzarotto fez o seguinte relato sobre os pontos positivos e dificuldades encontradas no desenvolvimento do software e-Metabolismo: Glicídios:

“Usualmente o desenvolvimento de *software* envolve uma série de etapas que são executadas rigorosamente a fim de estruturar suas diversas fases que podem ser sumariamente resumidas em análise, implementação e avaliação. A etapa de análise não envolve apenas a descrição da estrutura do *software*, mas principalmente todo o conjunto de funcionalidades e requisitos que o *software* proposto pretende suprir. O Ambiente de Estudo Multimídia de Bioquímica (AEMBq) foi desenvolvido, no entanto, nos modelos de um *software* protótipo. No início de seu desenvolvimento não era possível prever o conjunto de funcionalidades que este iria atingir. A medida que o desenvolvimento progredia novos recursos foram sendo adicionados em virtude do entendimento progressivo que a equipe foi adquirindo em relação à produção de material didático interativo para nível superior.

Uma das características consideradas na análise do desenvolvimento do e-Metabolismo:Glicídios é seu público alvo. Por si a pequena quantidade de *software* educativo disponível para os níveis superiores de ensino aponta para uma dificuldade importante de aceitação dessa metodologia de ensino nessa área. O retorno fornecido pelos alunos usuários que utilizaram o *software* durante todo o processo foi de fundamental importância para o entendimento e correção de suas deficiências. Dessa maneira, foi possível a realização de experiências seguida da avaliação de sua aceitação. Esses dados coletados foram bastante importantes para sanar as dificuldades da falta de experiência da equipe no desenvolvimento desse tipo de aplicativo. Além dos alunos, contribuições externas sempre foram bem aceitas e levadas em consideração.

Critérios subjetivos tiveram de ser utilizados e dificultaram a avaliação dos alunos durante a utilização do *software* devido à inexistência de métricas estabelecidas que permitissem avaliar de forma mais objetiva o desempenho dos alunos e reconhecer os pontos deficitários do *software*. Entre a avaliação realizada estava uma em que os alunos quantificaram a usabilidade do *software* entre diversos fatores entre eles interface, esquema de cores, facilidade de uso, etc. A possibilidade de avaliar o “caminho” percorrido pelo aluno durante a utilização do *software* permitiu que critérios mais objetivos fossem utilizados recentemente. Esses avaliaram o progresso dos alunos durante a utilização do *software* na tentativa de reconhecer os pontos de maior dificuldade.

Apesar da falta da etapa de análise formal do *software*, seu desenvolvimento não foi afetado de forma maior. A versão inicial foi um *software stand-alone* para a plataforma Windows implementado em linguagem orientada a objetos C++. Devido a um projeto de *software* flexível baseado em arquivos hipertexto e uma camada de abstração para o armazenamento dos dados do aplicativo, novos recursos puderam ser adicionados a medida que foram sendo necessários. Com a necessidade de facilitar a distribuição e utilização do *software* o código foi traduzido para linguagem Java e executado em ambiente *applet*. A disponibilidade do *software* através da web facilitou de maneira sensível o acesso ao *software* pelos alunos, que puderam fazê-lo de suas casas. A não uniformidade das implementações da plataforma Java nos diversos sistemas operacionais Windows, GNU/Linux, Solaris, etc, dificulta sua utilização e esperamos que esses problemas sejam solucionados em breve. Nessa oportunidade foi possível introduzir um esquema de armazenamento centralizado do registro de utilização do *software* baseado em banco de dados relacional. A facilidade atual ao acesso a gerenciadores de banco de dados relacionais de alto desempenho com licença livre de código aberto permitiu sua utilização. A dificuldade inicial com a infraestrutura de hardware disponível foi aos poucos sendo solucionada através da cooperação da equipe de informática da FFFCMPA.

Progresso

Positivos: retorno dos alunos, visão da equipe de ambos os lados do processo, trabalho em desenvolvimento: possibilidade de realizar experiências, contribuições externas,

Dificuldades: inexperiência em design, diversas experiências até se obter um resultado satisfatório, falta

de métricas estabelecidas para avaliar o desempenho dos alunos e reconhecer pontos deficitários.

Desenvolvimento

Positivos: área em constante desenvolvimento, diversas ferramentas de desenvolvimento disponíveis, facilidade de distribuição. Dificuldades: adição de novos recursos não previstos inicialmente, tornar o SW de fácil utilização, infra-estrutura de hardware disponível. Criação da mídia”.

8.3. Distribuição a outros professores, e publicações e prêmio

O DMDV do Ciclo de Krebs, *software* educacional do tipo jogo recebeu em 2003 o prêmio PAPED 2003 – linha 2, CAPES/CPE.

Desde do início da execução deste projeto, e com o objetivo de divulgar o trabalho que está sendo realizado e receber críticas e sugestões para melhorá-lo, alguns trabalhos em forma de pôster, apresentação oral e artigo completo foram publicados e estão referendados a seguir.

Artigos completos publicados em periódicos:

AZEVEDO, A. M. P., AMORETTI, M., TIMM, M. I., ZARO, M. A. S. M. Mapas conceituais e o jogo: estratégias pedagógicas de ensino e aprendizagem de Bioquímica. **Informática na Educação Teoria & Prática**, Porto Alegre. v. 7, n. 1, p. 59-71, jan. 2004.

AZEVEDO, A. M. P.; LAZZAROTTO, G.B.; TIMM, M. I., ZARO, M. A.. **Relato de uma experiência com o uso do Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual do Ciclo de Krebs**. RENOTE, Novas Tecnologias na educação CINTED/UFRGS. ISSN 1679-1916 Porto Alegre 2004 disponível em http://www.cinted.ufrgs.br/renote/mar2004/artigos/07-elatodeuma_experiencia.pdf

AZEVEDO, A. M. P., LAZZAROTTO, G., FALKEMBACH, G. A. M., ZARO, M. A. **Ambientes virtuais de ensino para a Bioquímica: jogo e multimídia como apoio à aprendizagem** In: XIV SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2003, Rio de Janeiro. Anais do XIV SBIE. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Computação, 2003. v.1. p.728 - 737

AZEVEDO, A. M. P., TIMM, M. I., LUZARDO, R., ZARO, M. A. **Big-Brother Tecnológico: Atividade de Sensibilização para uso de Recursos de Informática no Ensino Médico** In: X Congresso Internacional de Educação a Distância, 2003, Porto Alegre.

AZEVEDO, A. M. P., LAZZAROTTO, G., ZARO, M. A., SIQUEIRA, A. J. S. **El Software "Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual"** In: TISE'2003 - Taller Internacional de *Software* Educativo, 2003, Santiago. **TISE'2003.**, 2003.

MARASCHIN, C., COSTA, J. S., CARNEIRO, M. L. F., FREEMAN, E., AMBROSI, L., MEHLECKE, Q., AZEVEDO, A. M. P., MOURA, A. M. M., SANTOS, L. M., FISCHDICK, R., LEÃO, T. S. **Teacher education in a New Social-Political, Technologica and Globalised Context** In: Anual Conference of Association of Information Technology for Teacher Education, 2001, *Software ansea.*, 2001.

Pôsters, com publicação de resumos e apresentação oral

Trabalhos apresentados em congressos e resumos publicados nos anais:

AZEVEDO, A.M.P., LAZZAROTTO, G. B.; LANDO, V.R.; TIMM, M. I.; ZARO, M. A., **Concept Maps as a Strategy to Asses Learning in Biochemistry using Educational Software s** In: XXXIV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular, 2005, Águas de Lindóia. Resumo K15 . CD-Rom

LAZZAROTTO, G. B., TIMM, M. I., ZARO, M. A., SIQUEIRA, A. J. S. AZEVEDO, A. M. P.. **Biochemistry Teaching with Virtual Dynamic Metabolic Diagrams** In: XXXIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular, 2004, Caxambú. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular. Especial 4 (SBBq 2004) resumo K-14, disponível em <http://www.sbbq.org.br/revista/edold.php>*

AZEVEDO, A. M. P., AMORETTI, M. S. M., TIMM, M. I., ZARO, M. A., SIQUEIRA, A. J. S. **Concept Maps as a Strategy to Assess Learning in Biochemistry** In: XXXII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular, 2003, Caxambú. Livro de Resumos da XXXII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular - SBBQ., 2003. p.128 – 128

AZEVEDO, A. M. P., FIN, C. A., MATTOS-DUTRA, A., REMIÃO, J. O. R., SIQUEIRA, A. J. S. **Dynamic Metabolic Diagrams for Teaching Biochemistry** In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular- SBBq, 2002, Caxambú. Anais da XXXI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular- SBBq, 2002.

Trabalho aceito para apresentação oral

AZEVEDO, A. M. P.; LAZZAROTTO, G. B., TIMM, M. I., ZARO, M. A. **Desenvolvimento e Experiência no Ensino de Bioquímica com o uso do do "Ambiente de Estudo Multimídia de Bioquímica"** In Simpósio Internacional de Informática Educativa, 2005 Leiria, Portugal.

9. CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE CONTINUIDADE

“Quando se tem na vida um porquê, vive-se sem dificuldade o como.”

Friedrich Nietzsche

9.1 Conclusões

O objetivo geral desta tese foi totalmente cumprido, uma vez que apresentou o processo de planejamento, desenvolvimento e validação de um *software* educacional para o ensino de Bioquímica relacionado a estratégias pedagógicas inovadoras, que atendam as necessidades do processo de construção de conhecimento, integrando novas tecnologias educacionais ao ensino de Bioquímica.

Com relação aos objetivos específicos propostos neste trabalho pode-se concluir que:

- a. Foi possível elaborar um ambiente de aprendizagem, sendo um apoio ao ensino de Bioquímica, extrapolando a simples transmissão de conhecimentos por parte do professor, mas apoiando a interação do aluno com o objeto de estudo e sua própria construção do conhecimento.

- b. Foi criado no *software* uma estratégia que permite ao aluno compreender as transformações dinâmicas que sofrem os substratos na rota metabólica em estudo (por exemplo, o Ciclo de Krebs).
- c. Foi possível desenvolver no aluno a capacidade resolver a capacidade de resolver problemas e a compreensão dos conceitos envolvidos no metabolismo do substrato em um raciocínio geral, relacionado à propriedade e função na célula.
- d. Foi desenvolvida uma estratégia pedagógica suficientemente flexível atingindo as necessidades individuais dos alunos e seus diferentes ritmos de aprendizagem de cada um.
- e. O *software* desenvolvido apresenta recursos gráficos que possibilitam a visualização de conceitos complexos presentes nos conteúdos de Bioquímica.
- f. Foram identificados possíveis processos cognitivos envolvidos no desempenho das várias naturezas de atividades propostas no *software*
- g. As etapas do planejamento e desenvolvimento de um *software* para o ensino de Bioquímica, foram descritas e relacionadas à estratégia de ensino.
- h. Foi utilizado o Mapa conceitual como um instrumento de avaliação capaz de identificar a eficácia do uso de uma ferramenta informatizada para o estudo de rotas metabólicas.

- i. O uso da metodologia de análise textual de conteúdo nas respostas dadas pelos alunos as questões referentes ao *software* permitiu avaliar a satisfação destes alunos com o uso de material virtual para o estudo de Bioquímica.

9.2. Continuidade do Trabalho

Tendo em vista que o volume de dados e informações foi muito maior que o previsto, uma avaliação mais completa do processo de aprendizagem dos alunos à luz da teoria epistemológica piagetiana seria uma outra tese, motivo pelo qual esta avaliação poderá ser realizada futuramente.

A análise dos dados individuais, coletados pelo sistema, poderá constituir material para uma análise sobre os processos psicogenéticos individualizados, talvez no nível da descrição operacional.

A versão atual do e-Metabolismo: glicídios poderá ser estendida a outros conteúdos de Bioquímica, desenvolvendo-se outros módulos, por exemplo, e-Metabolismo: amino ácidos e e-Metabolismo: lipídios

Estudos futuros deverão aprofundar a busca de instrumentos de observação dos alunos, durante o uso do *software*, como por exemplo as técnicas da Neurociência ou da Psicometria. Além disso, espera-se aprofundar a influência da multidisciplinaridade da pesquisa educacional e seus temas, como por exemplo, os múltiplos usos dos mapas conceituais.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. et al. **Molecular biology of the cell**. 4th. Nova York: Garland Science, 2002. 1463 p.

ALMEIDA, P.N. **Educação lúdica: técnicas e jogos pedagógicos**. 6. ed. São Paulo: Loyola, 1990. 203 p.

AMORETTI, M. S. M. Protótipos e estereótipos: aprendizagem de conceitos mapas conceituais: experiência em Educação a Distância. **Informática na Educação Teoria & Prática**, Porto Alegre. v. 4, n. 2, p. 49-55, dez. 2001.

_____. Mapas conceituais: modelagem colaborativa do conhecimento. **Informática na Educação Teoria & Prática**. Porto Alegre, v. 3, n.1, p.67-71, set. 2000.

ANTUNES, C. **Jogos para a estimulação das múltiplas inteligências**. 8. ed. Petrópolis: Vozes, 2000. 295p

AZEVEDO, A. M. P.; de MATTOS-DUTRA, A. ; CAPP, E.. Bioquímica virtual na rede mundial de computadores. Porto Alegre, **Revista Pesquisa Médica**, v. 35, n. 1, p. 76-77, 2001.

AZEVEDO, A. M. P. et al.. *Dynamic Metabolic Diagrams for Teaching Biochemistry*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR- SBBQ, 31, 2002, Caxambú. **Anais ... Caxambu**, 2002. p. xx.disponível em <http://www.sbbq.org.br/revista/index.php?dt=2002-07-20> (K 05)

AZEVEDO, A. M. P. et. al. Concept maps as a strategy to assess learning in Biochemistry. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR- SBBQ, 32, 2003, Caxambú. **Anais ... Caxambu**, 2003. p.128.

AZEVEDO, A.M.P., MATTOS-DUTRA, A., FIN, C.A. **Disciplina de Bioquímica**. Disponível em: <<http://bioquimica.ffcmpa.tche.br>>. Acesso em: 19 jul. 2005.

BAYNES, J.,DOMINICZAK, M. H. Bioquímica Médica. 1. ed. São Paulo: Editora Manole Ltda. 2000. 566p.

BECKER, Fernando. **Da ação à operação: o caminho da aprendizagem**. Porto Alegre: Palmarinca, 1993.

_____. Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos. **Educação e Realidade**. Porto Alegre, v. 19, n.1, p. 89-96, jan/jun., 1994.

BERG, J. M., TYMOCZKO, J. L., STRYER, L. **Bioquímica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A. 2004. 1059p.

BERTO, C.C.; CONSTANT PIRES, F.C. ; CARVALHAL, M.L., **Micromundo, um jogo de senha**. São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://icb.usp.br/%7Emlracz/N2/N2port.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2004.

BERTOLDI, S. **Avaliação de software educacional**: impressões e reflexões. 1999. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência da Computação) –Faculdade de Computação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

BORGES, M. A. F.; OLIVEIRA, S. P. Design de uma ferramenta de apoio ao aprendizado. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 10, 2000. Belo Horizonte. **Anais ...** Belo Horizonte: Ceset/Unicamp e UEMG, 2000. p.120-127.

BOTOMÉ, S. P. Responsabilidades e competências do professor de Ensino Superior. In: SEMANA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS, 2, 1994, Caxias do Sul. **Palestra**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 1994.

BOUVIER, D.; BARON, M.H.; LESENEY, A.M. Virtual glucose: using animated computer graphics to teach molecular structures in biochemistry. **Biochemical Education**, Leeds, v.27 n. 1, p. 20 – 26, Jan. 1999.

CAMPBELL, M.K. **Bioquímica**. 3. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2000. 751 p.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R.A.; FERRIER, D.R. **Lippincott's illustrated reviews: biochemistry**. 3 th. Philadelphia: Lippincott Williams e Willians, 2005.534p.

CARVALHAL, M.L.C., BARBOSA, H.R. & RACZ, M.L., **Construindo a parede bacteriana**. São Paulo, 1998. Disponível em: < <http://icb.usp.br/%7Emlracz/N2/N2port.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2004.

CORDS, M.L. et al. **A viagem do átomo do nitrogênio**. São Paulo, 1996. Disponível em: <<http://icb.usp.br/%7Emlracz/N2/N2port.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2004.

CORREIA, S.C.A.E. ; CARVALHAL, M.L.C. **Viajando com o Sr. Mutans, o jogo da cárie**. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://icb.usp.br/%7Emlracz/N2/N2port.htm>>. Acesso em: 30 de jul. 2004.

DEVLIN, T.M. **Manual de Bioquímica com correlações clínicas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 1084 p.

DOLLE, J. M. **Para compreender Jean Piaget**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. 174 p.

DUTRA, I.M.; FAGUNDES, L.C.; CAÑAS, A.J. **Uma proposta de uso dos mapas conceituais para um paradigma construtivista da formação de professores à distância.** In: WORKSHOP SOBRE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 10, 2004, Salvador. Disponível em: <http://www.emack.com.br/info/apostilas/nestormapas_piaget.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2005.

FALKEMBACH, G. A. M.; PEREIRA, C.T.D.; TREVISAN, M.C.B. Informática na educação infantil: brincando, aprendendo e criando. In: SANTOS, S.M.P. **Brinquedoteca: a criança, o adulto e o lúdico.** Porto Alegre: Vozes, 2000. p. 174-179.

FALKEMBACH, G. M. **Courseware:** material instrucional ou ferramenta para criar cursos apoiados pelo computador. 2001. Disponível em <http://www.ead.ufrgs.br/lpace/courseware_espie/schedule.nsf>. Acesso em: 25 mar. 2002.

_____. *Informática na Educação: novos paradigmas.* CONGRESSO NACIONAL DE ESCOLAS FRANCISCANAS, 1, 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2000. p. xx.

FARIA, Anália Rodrigues de. **O desenvolvimento da criança e do adolescente segundo Piaget.** 3. ed. São Paulo: Ática, 1989. 141 p.

FARIA, de Wilson. **Mapas conceituais:** aplicações ao ensino, currículo e avaliação. São Paulo: EPU, 1995. (Temas básicos de educação e ensino).

FAYARD, P. **O jogo da interação:** informação e comunicação em estratégia. Caxias do Sul: EDUCS, 2000. 144 p.

FERNÁNDEZ, A. A hora do jogo psicopedagógico: espaço para jogar, espaço para aprender. In: _____. **Inteligência aprisionada:** abordagem psicopedagógica clínica da criança e sua família. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1990. p.165-177.

FISCHER, B. T. D. Prática docente na universidade: uma questão menor? In: **Melhoria do ensino e capacitação docente:** Programa de Atividades de Aperfeiçoamento Pedagógico - PAAP. Porto Alegre: Ed. da Universidade/ UFRGS, 1996. p. 46-53.

FONTES, W. et al. **Visão Bioquímica.** São Paulo. Disponível em: <<http://www.bioq.unb.br>>. Acesso em: 27 jun. 2005.

FORTUNA, T.R. O jogo e a educação: uma experiência na formação do educador. In: SANTOS, S.M.P. **Brinquedoteca: a criança, o adulto e o lúdico.** Porto Alegre: Vozes, 2000a. p. 73-85.

_____. Sala de aula é lugar de brincar? In: DALLAZEN, M.I.H.; XAVIER, M. L. **Planejamento em destaque:** análises menos convencionais. Porto Alegre: Mediação, 2000b. (Cadernos educação básica, 5, p. 147-167).

GRIGOLI, J. A sala de aula na Universidade na visão de seus alunos: um estudo sobre a prática pedagógica na universidade. In: MARCONDES, E.; GONÇALVES, E.L. (Orgs.). **Educação médica**. São Paulo: Savier, 1998. 409p.

GORTNER, R.A.; GORTNER, W. A. **Bioquímica**. 3.ed. Buenos Aires: Hispano Americana, 1953. 1084p.

INHELDER, B.; BOVET, M.; SINCLAIR, S. **Aprendizagem e estruturas do conhecimento**. São Paulo: Saraiva, 1977. 274p.

HENLY, D. C.; REID, A. E. Use of the web to provide learning support for a large metabolism and nutrition class. **Biochemistry and Molecular Biology Education**. New York, v.29, n. 6, p. 229–233, Nov. 2001.

HOGARTH, M. História da informática em saúde no Brasil e no mundo, **Revista de Informática Médica**, Campinas, v. 1, n. 5, 1998. Disponível em: <<http://www.informaticamedica.org.br/informaticamedica/n0105/hogarth.htm>> Acesso em: 30 jul. 2005

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S.; FRANCO, F.M.M. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2004. 2925 p.

HOGARTH, M.B.; SABBATINI, R.M.E. Informática e a Medicina do Século 21. **Revista de Informática Médica**, Campinas, v. 1, n. 2, 1998. Disponível em: <<http://www.informaticamedica.org.br/informaticamedica/n0102/hogarth.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2005.

JONASSEN, D. et al. **Learning with technology: a constructivist perspective**. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

JONASSEN, D. O uso das novas tecnologias na educação à distância e a aprendizagem construtivista. **Em Aberto**. Brasília; ano 16, n. 70, p. 70-88, abr/jun. 1996.

KAWASAKI, E.I.; OMAR, N.; FERNANDES, C.T. Um modelo de sistema de tutoria inteligente baseado em princípios pedagógicos para educação de adultos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO (SBIE), XI, 2000. São José dos Campos. **Anais...** São Paulo: SBIE 2000, p.267-273.

KESSELRING, T. Os quatro níveis de conhecimento em Jean Piaget. **Educação e Realidade**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 3-22, jan/jun.1990.

KREBS, H.A.; JOHNSON, W.A. The role of citric acid in intermediate metabolism in animal tissues. **Enzymologia** v. XX, n 4, p 148-156. 1937.

Koolman, J.; Klaus-Heinrich R. **Bioquímica: Texto e Atlas**. Porto Alegre: ArtMed, 2005. 478 p.

LAASER, W. **Desenho de software para o ensino à distância**. Disponível em: <<http://www.intelecto.net/ead/laaser2.html>>. Acesso em: 21 jun. 2004

LEADER, D. P. The Glasgow Metabolism Suite: undergraduate *software* for intermediary metabolism. **Biochemical Education**, Leeds, v.27; n.1; p.27-30, Jan. 1999.

LEHNINGER, A. L.; **Bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

LEHNINGER, A.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 2000.

LIBÂNEO, J.C. **Pedagogia e pedagogos, para quê?** São Paulo: Cortez, 1998.

MACEDO, L. **Piaget e a nossa inteligência**. Disponível em: http://www.artmed.com.br/patioonline/fr_conteudo_patio.php?codigo=10&secao=30&pai=18>. Acesso em: 28 set 2004.

MACHADO, A. I.; CARVALHAL, M. I. C. **MicroWar, o jogo da biodiversidade**, 2001. Disponível em: <<http://icb.usp.br/%7Emlracz/N2/N2port.htm>>. Acesso em 30 jul. 2004.

MARCONDES, E.; GONÇALVES, E.L. (Orgs.). **Educação médica**. São Paulo: Savier, 1998. 409 p.

MARQUES, M. O. **A escola no computador: linguagens rearticuladas, educação outra**. Ijuí: UNIJUÍ, 2003. 216 p.

MARSON, G. A. **Um método para o desenvolvimento e avaliação de software s instrucionais**. 2003. Tese (Doutorado em Química - Área de concentração Bioquímica). Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MARSON, G.A.; TORRES, B. B. A new educacional *software* on affinity chromatography. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, São Paulo. <<http://www.sbbq.org.br/revista/artigo.php?artigoid=69>>. Acesso em: 30 jul. 2005.

MATSUDAIRA, P. et al. **Molecular Cell Biology** 4.0. [New York]: W. H. Freeman, 2000. 1 CD-ROM.

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **Educação**, Porto Alegre, ano 22, n. 37, p.7-32, 1999.

MOREIRA, M.A.; BUCHWEITZ, B. **Mapas conceituais: instrumentos didáticos de avaliação e análise de currículo**. São Paulo: Editora Moraes, 1987, 83 p.

MURRAY, R.K. et al. **Harper's Biochemistry**. New Jersey: Prentice-Hall, 2000. **"MYSQL AB"**. Disponível em: <<http://www.mysql.org>>. Acesso em: 19 Jul. 2005.

NAGATA, R. "Multi-layer pop-up system", a presentation style with a built-in biochemistry dictionary for computer-aided learning. **Biochemical Education**, Leeds, v.27, n.1, p. 31–33, 1999.

OLIVEIRA, C.C.; COSTA, J.W.; MOREIRA, M. **Ambientes Informatizados de Aprendizagem**: produção e avaliação de *software* educativo. Campinas: Papirus, 2001.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. **Disciplinas de Bioquímica Médica, Bioquímica aplicada a Nutrição e Fisiopatologia Aplicada**. Disponível em: <<http://www.geocities.com/bioquimicaplicada>>. Acesso: 24 jun. 2005.

ONTORIA, A. **Mapas conceptuales**: una tecnica para aprender. 4. ed. Madrid: Narcea, 1995. 207 p.

PAPERT, S. **Logo**: computadores e educação. São Paulo: Brasiliense, 1985.

PASSERINO, L. M. **Avaliação de jogos educativos computadorizados**. Disponível em: <<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/tise98/html/trabajos/jogosed/>>. Acesso em: 25 jun. 2005.

PIAGET, J. **Biologia e Conhecimento**: ensaio sobre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos. Petrópolis: Editora Vozes, 2003. 423 p.

_____. **Abstração reflexionante**: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. 292 p.

_____. **Psicologia e Epistemologia**: para uma teoria do conhecimento. Tradução de Maria de Fátima Bastos e José Gabriel Bastos Silva. 5. ed. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1991. 178p.

_____. **O nascimento da inteligência na criança**. 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. 389 p.

_____. **Equilíbrio das estruturas cognitivas**: problema central do desenvolvimento. Rio de Janeiro: Zahar, 1976. 175 p.

_____. **Estudos sociológicos**. Rio de Janeiro: Forense, 1973. 232 p.

_____. **Formação do símbolo na criança**: imitação, jogo e sonho, imagem e representação. Rio de Janeiro: Zahar, 1971. 370 p.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **Memória e inteligência**. Rio de Janeiro: Editora Artenova, 1979.

PRIMO, A. F.T. Multimídia e educação. **Revista de Divulgação Cultural**, Blumenau, v. 18, n. 60, p. 46-50, set/dez. 1996.

OSÓRIO, D., ROCHA, N., CARVALHO, T. **Bioquímica on line**. Portal de Bioquímica. Disponível em: < <http://www.bioquimica.online.pt/index.shtml> />. Acesso em: 25 jun. 2005.

RAMOS, M. Avaliando o desempenho docente mediante a pesquisa cooperativa. **Educação**, Porto Alegre, v. 20, n. 33, p. 61-79, 1977.

RANGEL, D.A. et al. **The Mitochondria in 3 Atcs - Animated Molecular Biochemistry** Departamento de Bioquímica Médica, ICB, CCS, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. Brasil, 2002 CD-Rom

RIZZO, G. **Jogos Inteligentes**: a construção do raciocínio na escola natural. Brasil: Bertrand, 1996. 441 p.

ROSITO, B. A. **Investigando as concepções de professores de um curso de Licenciatura em Ciências**. 1998. 242 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998.

SABBATINI, R. M. E. A revolução no ensino. **Revista de Informática Médica**, Campinas, v. 2, n. 2, 1999. Disponível em: <<http://www.epub.org.br/informaticamedica/n0202/editorial>>. Acesso em: 30 jul. 2005.

SAKABE, N.J. et al. An interactive *software* for the study of protein structure. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, Campinas. Disponível em: <<http://www.sbbq.org.br/revista/artigo.php?artigoid=62>>. Acesso em: 30 jul. 2005.

SILVA, S.C.; GONZÁLEZ, F.H.D. **Páginas de Bioquímica e Biologia molecular**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/favet/bioquimica>>. Acesso em: 21 jun. 2005.

SILVA, P. **A lógica química do... ciclo de Krebs**. Disponível em: <<http://www2.ufp.pt/~pedros/bq/krebs.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2005.

SILVEIRA, S.R.; BARONE, D.A.C. Estudo e construção de uma ferramenta de autoria multimídia para a elaboração de jogos educativos. SIMPÓSIO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* EDUCATIVO, 3., 1998. **Anais...** Évora: Universidade de Évora, 1998.

“**SQLite**” Disponível em: <<http://www.sqlite.org>>. Acesso em: 19 jul. 2005.

SIQUEIRA, A.J.S.; REMIÃO, J.O.R.; AZEVEDO, A.M.P. Dynamic metabolic diagrams in Biochemistry. **Biochemical Education**, Leeds, v. 20, n. 2, p. 97-98, 1992.

Smith, E.L. et al. **Bioquímica**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1985. 785 p.

SOUZA, R.; CARVALHAL, M. M.; CARVALHAL, M. L. C. **Microligues, o jogo das associações**. Disponível em: <<http://icb.usp.br/%7Emlracz/N2/N2port.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2005.

STAVRIANEAS, S.; SILVERSTEIN, T. Teaching glycolysis regulation to undergraduates using an electrical power generation analogy. **Advances in Physiology Education**, Bethesda, v. 29, n. 2, p. 128-130, 2005.

TORRES, B. B. SEMINÁRIO “CONVERSANDO SOBRE O ENSINO”. X, 2005. Porto Alegre. **Palestra**, Porto Alegre, 2005. Título da palestra Conversando sobre Bioquímica para o Curso de Nutrição. 1º seminário.

TRINDADE, V. M.T.; SALBEGO, C. **Disciplina de Bioquímica**. Faculdade de Farmácia da UFRGS. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/farmacia/disciplinas/cbs01103/index.html>>. Acesso em: 24 jul. 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Departamento de Bioquímica Médica. **A mitocôndria em 3 atos**: ciclo de Krebs. Rio de Janeiro: UFRJ, 2002. 1 CD-ROM.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na educação. In: **Computadores e conhecimento**: repensando a educação. Campinas: Unicamp, 1993. p. 1-23.

_____. **Por que o computador na educação?** Disponível em: <<http://www.nuted.edu.ufrgs.br/biblioteca/arquivo.php?arq=14>>. Acesso em: 30 jul. 2005.

VARGAS, L. H. M. **Metabolismo A**: 3MOD113. Londrina: UEL, 2003. 69 p.

VIEIRA, F.M.S. Avaliação de *software* educativo: reflexões para uma análise criteriosa. Disponível em: <http://www.nuted.edu.ufrgs.br/biblioteca/public_html/9/30/index.html> Acesso em: 30 jul. 2005

VILA, M.; SANTANDER, M. **Jogos Cooperativos no Processo de Aprendizagem Acelerada**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2003. 169p.

VILELA, G. G.; BACILA, M.; TASTALDI, H. **Bioquímica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1966. 842 p.

VOET, D.; VOET, J.G.; PRATT, C.W. **Fundamentos de Bioquímica**. Porto Alegre: ArtMed, 2000. 931 p.

WANNMACHER, Clóvis. Ensinando Bioquímica para futuros médicos. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.sbbq.org.br/revista/artigo.php?artigoid=1>> Acesso em: 31 jul. 2004.

WILLMOTT, C. J. R. Revision Bingo. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, New York, v. 29, n. 5, p. 193-95, 2001.

WELLS, M. A.; TUPY, J. **An eletronic companion to biochemistry**. [San Francisco]: Cogito Learning Media, 1997. 1 CD-ROM.

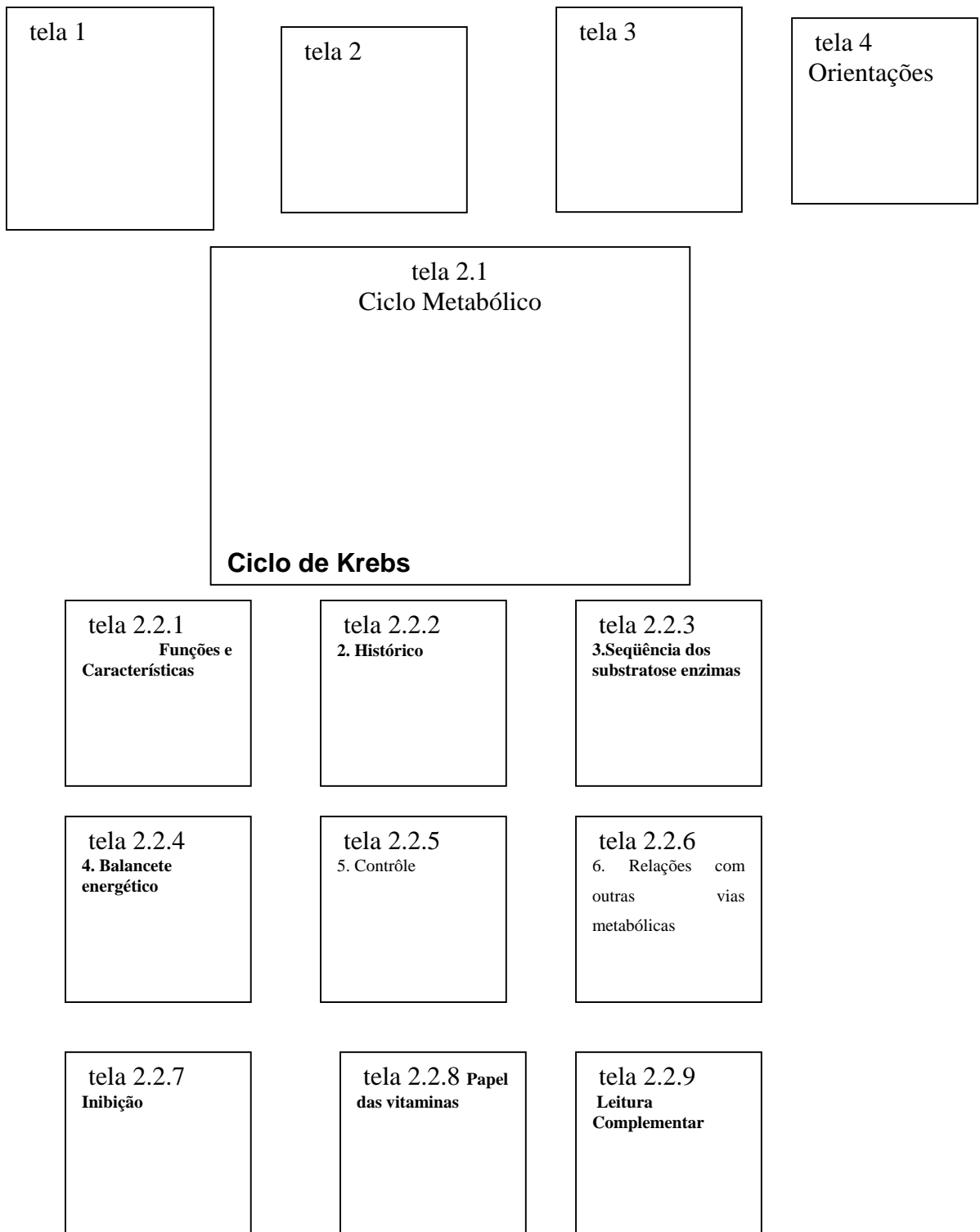
YOKAICHIYA, D. K. et al. AMPc – Sinalização intracelular: um *software* educacional. **Química Nova**, Campinas, v. 27, n3, p. 489-491, 2004.

_____. O que os alunos de diferentes cursos procuram em disciplinas extracurriculares de Bioquímica? **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://sbbq.iq.usp.br/revista/artigo.php?artigoid=114>> Acesso em: 30 jul. 2005.

ANEXOS

ANEXO 1

Storyboard



	tela 2.2.10 Velocidade	tela 2.2.11 Teste de Escola Múltipla	
tela 2.2.3 tela com os quadros do ciclo metabólico, mostrando os locais de substratos e enzimas. ** links das peças	tela 2.2.3.1 Link da 1 ^a Peça ***	tela 2.2.3.2 Link da 2 ^a Peça ****	tela 2.2.3.3 Link da 3 ^a Peça *****
	tela 2.2.3.... Link da ... Peça *****	tela 2.2.3....	
tela 2.2.4 tela com os quadros do ciclo metabólico, mostrando os locais de produção de energia no ciclo ** links das peças	tela 2.2.4.1 Link da 1 ^a Peça ***	tela 2.2.4.2 Link da 2 ^a Peça ****	tela 2.2.4.3 Link da 3 ^a Peça *****
	tela 2.2.4.... Link da ... Peça *****	tela 2.2.4....	
tela 2.5 tela com os quadros do ciclo metabólico, mostrando os pontos de controle do ciclo ** links das peças	tela 2.5.1 Link da 1 ^a Peça ***	tela 2.5.2 Link da 2 ^a Peça ****	tela 2.5.3 Link da 3 ^a Peça *****
	tela 2.5.... Link da ... Peça *****	tela 2.5....	tela 2.5.n... Teste Questões...

tela 2.6
tela com os quadros do ciclo metabólico, mostrando os locais de relações com outras vias metabólicas
 ** links das peças

tela 2.6.1
 Link da 1^a
 Peça

tela 2.6.2
 Link da 2^a
 Peça

tela 2.6.3
 Link da 3^a
 Peça

tela 2.6....
 Link da ...
 Peça

tela 2.6....

tela 2.6.n...
 Teste
 Questões...

tela 2.7
tela com os quadros do ciclo metabólico, mostrando os locais de inibição no ciclo
 ** links das peças

tela 2.7.1
 Link da 1^a
 Peça

tela 2.7.2
 Link da 2^a
 Peça

tela 2.7.3
 Link da 3^a
 Peça

tela 2.7....
 Link da ...
 Peça

tela 2.7....

tela 2.7.n...
 Teste
 Questões...

tela 2.8
tela com os quadros do ciclo metabólico, mostrando os locais das substâncias provenientes de vitaminas
 ** links das peças

tela 2.8.1
 Link da 1^a
 Peça

tela 2.8.2
 Link da 2^a
 Peça

tela 2.8.3
 Link da 3^a
 Peça

tela 2.8....
 Link da ...
 Peça

tela 2.8....

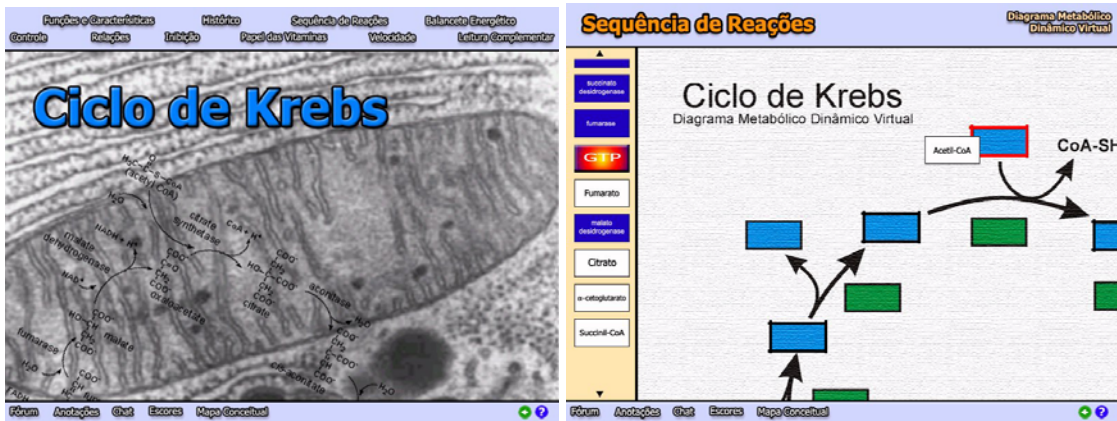
tela 2.7.n...
 Teste
 Questões...

ANEXO 2 Telas do Software DMDV

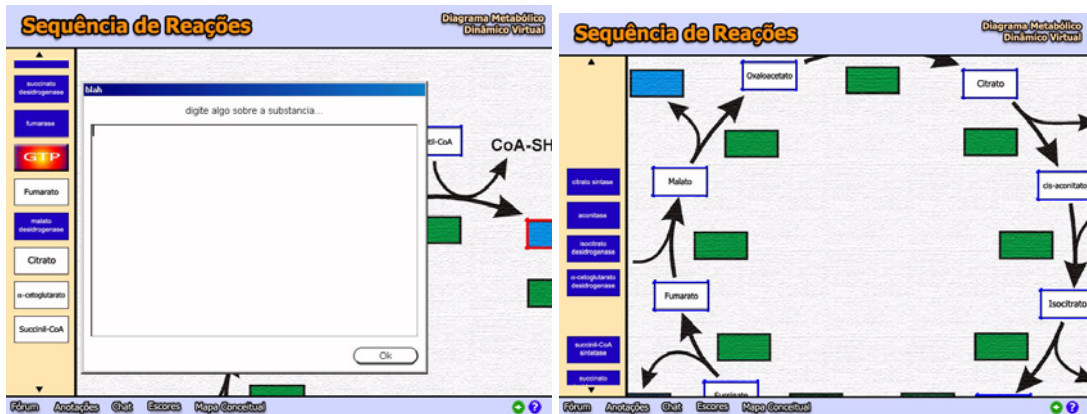
Primeira versão de dezembro de 2002



Tela inicial do DMDV Tela índice



Tela Índice do Capítulo Tela do Jogo Sequência de Reações

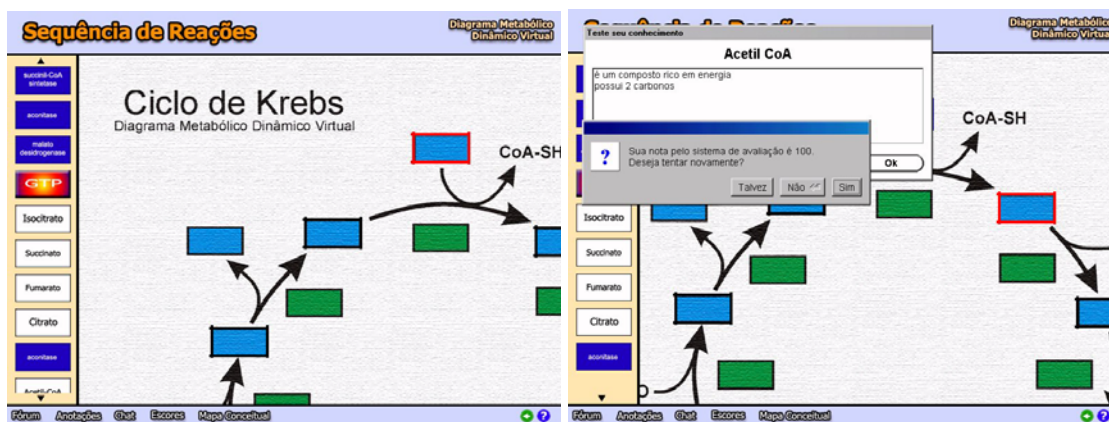


Telas do Jogo Sequência de Reações

Telas do Software DMDV
Segunda versão de 18 de fevereiro de 2003

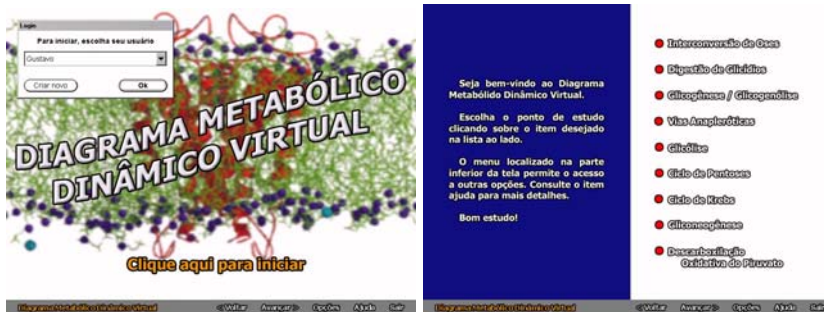


Tela Inicial

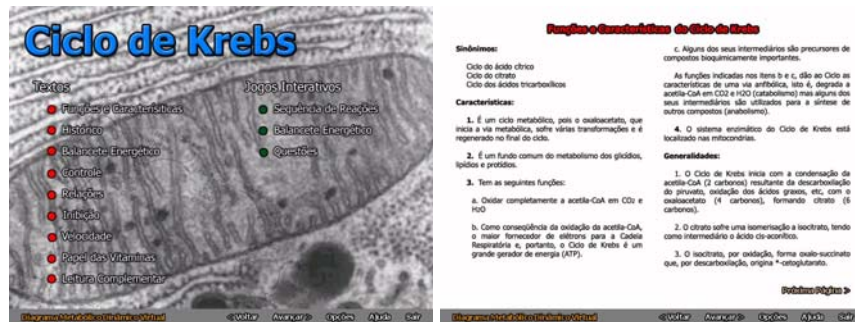


Telas do jogo Seqüência de Substrato do Ciclo de Krebs

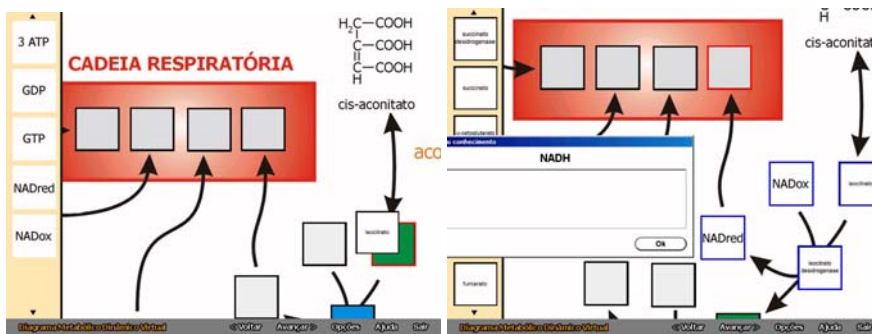
Telas do Software DMDV Terceira versão de 2 de março de 2003



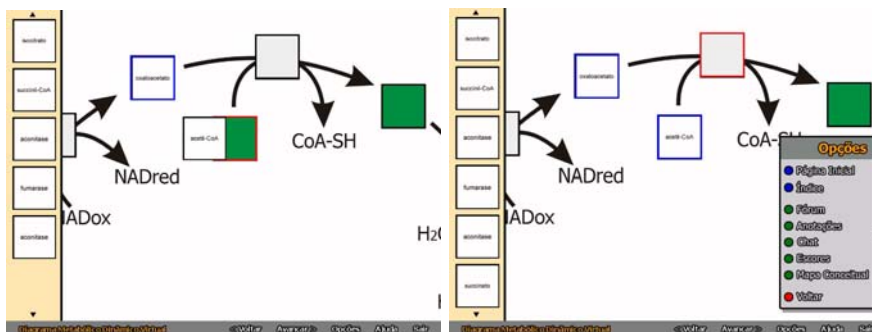
Tela Inicial Tela do Índice Geral



Tela Índice do Capítulo Tela de um dos textos

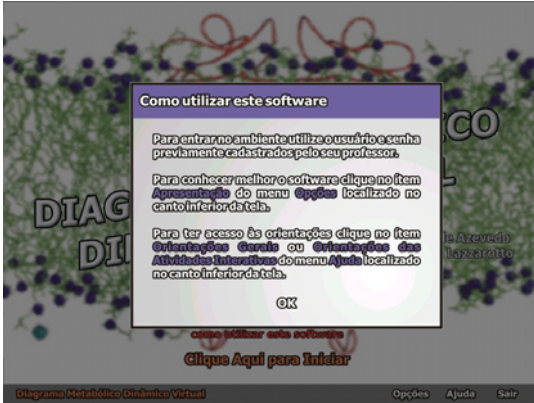


Telas do jogo Balancete Energético do Ciclo de Krebs

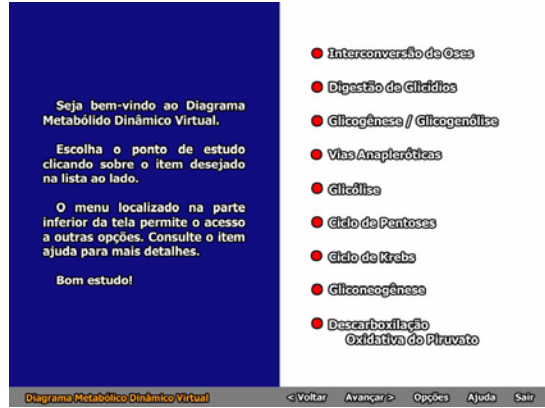


Telas do jogo Seqüência de Substrato do Ciclo de Krebs

Telas do Software DMDV Quarta versão de 20 de março de 2003



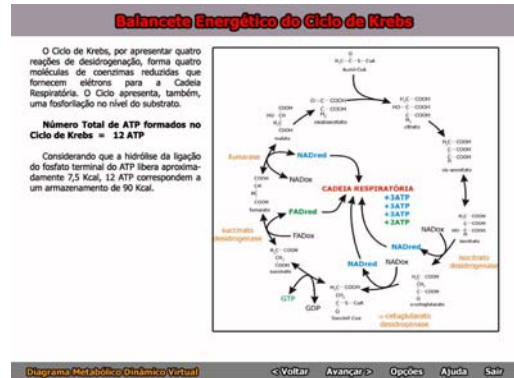
Tela das orientações Gerais



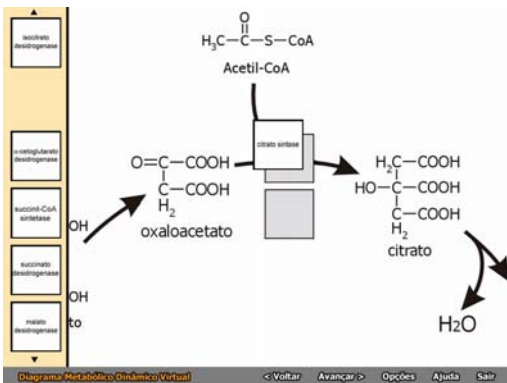
Tela com o Índice Geral



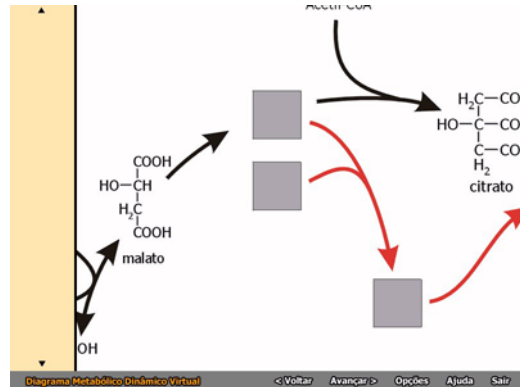
Tela Índice do Ponto



Tela de um texto

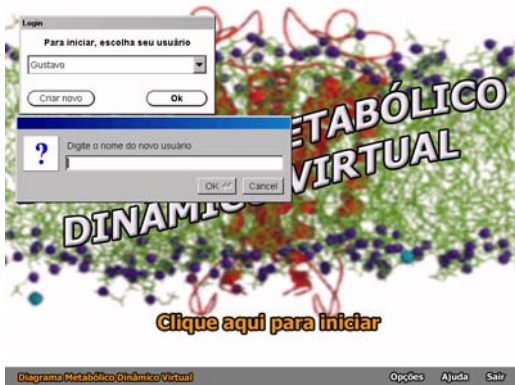


Tela do jogo do controle do C. Krebs

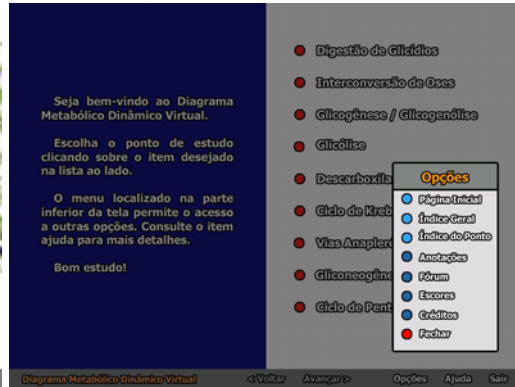


Tela do jogo da inibição do C. Krebs

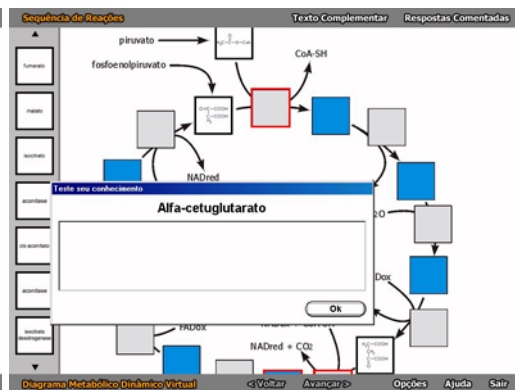
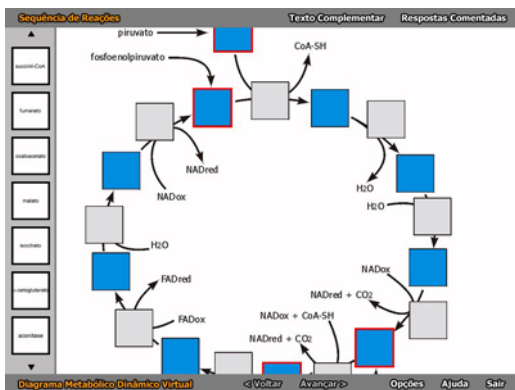
Telas do Software DMDV Quinta versão de abril de 2003



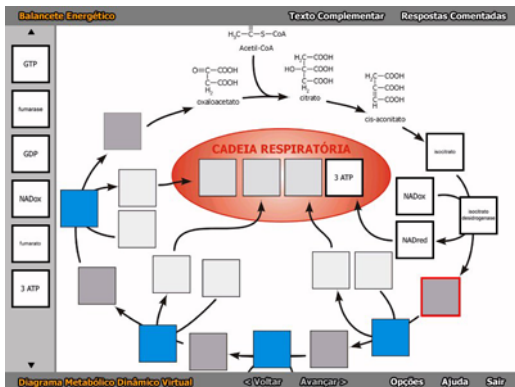
Tela inicial com login



Tela das Opções

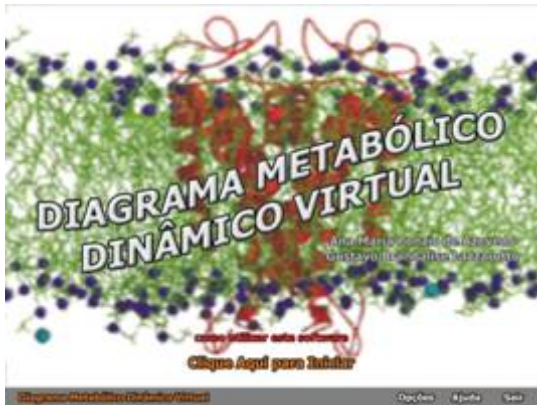


Telas do jogo Sequência de Substrato do Ciclo de Krebs



Telas do jogo Balancete Energético Tela de um Texto do Ciclo de Krebs

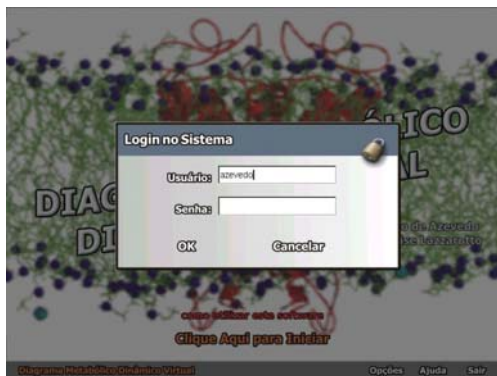
Telas do Software DMDV Sexta versão de maio de 2003



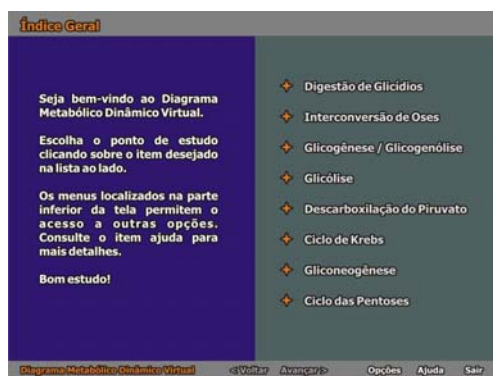
Tela inicial



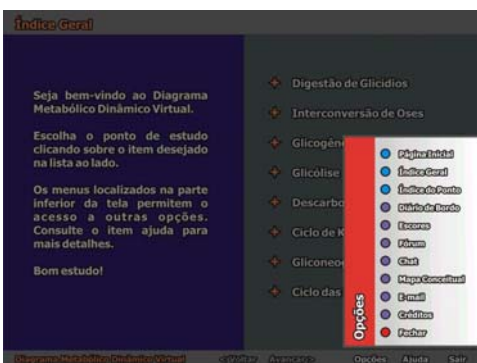
Tela das orientações Gerais



Tela inicial com login



Tela com o Índice Geral



Tela Índice Geral e as opções



Tela Índice do Ponto C. de Krebs

Um Breve Histórico do Ciclo do Krebs

O ciclo do ácido tricarboxílico foi postulada pela primeira vez como via de oxidação do piruvato em tecidos animais por Hans Krebs em 1937.

No período entre 1912 a 1920 trabalhos de Thurlberg, Battelli e Stern, mostraram a existência de reações de transferência de hidrogênio de ácidos como succínico, málico e cítrico em suspensões enzimáticas de tecidos animais.

Antes da década de 30 já se sabia que certos ácidos e tricarboxílicos eram oxidados, durante a respiração, pelos tecidos aeróbicos. Após a descoberta, por vários pesquisadores, de que no succinato, o fumarato, o malato e o citrato eram rapidamente oxidados a dióxido de carbono pelo organismo molecular em homogeneizados de tecido animal, Albert Szent-Györgyi, em 1933, estabeleceu a seqüência de reações para oxidação do succinato:

Succinato → fumarato → malato → oxalacetato

Este pesquisador concluiu que ácidos como malato ou oxalacetato estimulavam, no tecido, a oxidação de muitas moléculas de substrato emolago, como o glicogênio.

Martius e Knopff verificaram que o citrato era oxidado espontaneamente a succinato por homogeneizados de tecidos animais, passando pela formação do α-cetoglutarato.

Com base nessas observações Krebs começou a estudar as inter-relações nos processos oxidativos dos vários ácidos β e tricarboxílicos em homogeneizados de músculo de víbora de ponete. Em 1937, ele estabeleceu a existência de um ciclo enzimático e metabólico que chamou de Ciclo do Ácido Cítrico, como a via principal de oxidação de glicose até CO₂ e H₂O no músculo. A descoberta de Quantel e Woodbridge, anos antes (1932), de que o malato inibia a atividade da succinato desidrogenase muito contribuiu para as conclusões de Krebs sobre o ciclo.

Dois anos seguintes a sua descoberta até os dias de hoje o ciclo do citrato tem sido encontrado funcionando não só nos músculos, mas em todos os tecidos aeróbicos de animais e vegetais que possuem mitocôndrias. Detalhes do ciclo foram elucidados através de estudo com as enzimas do ciclo altamente purificadas. Com o emprego da técnica de traçagem isotópico foi possível confirmar que o ciclo do citrato realmente ocorre nas células vivas e em velocidade suficientemente alta.

Pode se entender melhor o ciclo do citrato pelo artigo: Krebs, H.A. & Johnson, W.A. (1937) The role of citric acid in intermediary metabolism in animal tissues. *Enzymology* 4, 148-156.

Fontes de Consulta

Campbell, Peter N. Biochemistry. Saunders College Publishing Harcourt Brace College Publishers, 2a Edição, 1995.

Champo, P.C. e Harvey, R.A. Bioquímica Ilustrada. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

Dreis, T.M. Manual de Bioquímica com aplicações clínicas. São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda, 1998.

Koolman, J.; Röhm, K. Color atlas of Biochemistry. Stuttgart: Thieme, 1996.

Lefninger, A.; Nelson, D.L. e Cox, M.M. Principios de Bioquímica. São Paulo: Sarvier, 1995.

Marks, D.B.; Marks, A.D.; Smith, C.M. Basic Medical Biochemistry, a Clinical Approach. Baltimore, Williams & Wilkins, 1996.

Montgomery, R.; Conway, T.W.; Spector, A. A. Bioquímica: uma abordagem dirigida por casos. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

Murray, R.K.; Mayes, R.A.; Granner, D.K. e Rodwell, V.W. Bioquímica de Harper.

Roskoski, R, Jr. Bioquímica Rio de Janeiro: Editora Guanabara-Koogan, 1998.

Smith, E.L.; Hill, R.L.; Lehman, I.R.; Lefkowitz, R.J.; Handler, P. e White, A. Bioquímica. Rio de Janeiro: Editora Guanabara-Koogan, 1985.

Siqueira, A.J.S.; Ramôa, J.O.R. e Azevedo, A.M.P. Bioquímica: Um Guia de Estudos. Porto Alegre, Sulina, 1990.

Voet, D.; Voet, J.G.; Pratt, C.W. Fundamentals of Biochemistry. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1999.

Telas com os textos: Histórico e Fontes de Consulta

Objeto de Aprendizagem: Sequência de Reações

Novo Jogo

Deixe o teste seu conhecimento respondendo à questão sobre alguns passos-chave enquanto joga!

Sim Não

Objeto de Aprendizagem: Sequência de Reações

Telas da Atividade Interativa Seqüência do Substrato do Ciclo de Krebs

Objeto de Aprendizagem: Sequência de Reações

Teste seu conhecimento

Quais as possíveis origens de oxalacetato? Justifique o seu papel no ciclo de Krebs.

OK

Objeto de Aprendizagem: Sequência de Reações

Teste seu conhecimento

Resultado da Avaliação

Sua resposta foi registrada no sistema para posterior avaliação.

O que deseja fazer?

Tentar Novamente Consultar Texto Complementar Seguir Adiante

OK

Telas das caixas da questão descritiva

Seqüência do Substratos

Reação 1: Condensação de acetil-CoA com oxalacetato

O substrato Acetil-CoA tem as seguintes características:

- 1) é um composto de 2 carbonos portador de uma ligação dupla em energia do tipo acetil.
- 2) é o produto da descarboxilação oxidativa do piruvato, o qual sofre ser proveniente da degradação do glicose e de aminoácidos, sempre em energia a energia.
- 3) é formado em grande quantidade, na degradação dos ácidos graxos; tem origem, também, na oxidação de diversos aminoácidos classificados como cetogênicos (leucina) e cetoglicônicos e glicogênicos (fenilalanina e tirosina); é formado na indolamina, onde inicia o Ciclo de Krebs, mas pode também seguir outras rotas metabólicas, como a síntese de ácidos graxos, como acetilcolina, coenzima.
- 4) participa de reações de ativação, catalizadas por enzimas da classe das transferases e é reações de hidrólise pela enzima acetil-CoA hidrolase.

O substrato Oxalacetato tem as seguintes características:

- 1) é um catalisador de 4 carbonos.
- 2) é o substrato que reage com Acetil-CoA na primeira reação do Ciclo de Krebs.
- 3) é regenerado no final do ciclo, sendo o produto da reação de descarboxilação do malato, última reação do ciclo.
- 4) pode ser formado, também, na reação de carboxilação do piruvato, catalizada pela enzima piruvato carboxilase ou na reação de carboxilação do fumarato.
- 5) na reação reversível de transaminação ele reage com o glutamato e forma o aspartato.

Enzima: Citrato sintetase (E.C.4.1.3.7), ou enzima de condensação, ou citrato sintase, ou enzima de Citrato, pertence à classe das liases. Catalisa a reação irreversível de condensação de acetil-CoA com oxalacetato.

Enzima: Citrato sintetase (E.C.4.1.3.7), ou enzima de condensação, ou citrato sintase, ou enzima de Citrato, pertence à classe das liases. Catalisa a reação irreversível de condensação de acetil-CoA com oxalacetato.

Seqüência do Substratos

Reação 1: Condensação de acetil-CoA com oxalacetato

Enzima: Citrato sintetase (E.C.4.1.3.7), ou enzima de condensação, ou citrato sintase, ou enzima de Citrato, pertence à classe das liases. Catalisa a reação irreversível de condensação de acetil-CoA com oxalacetato.

Enzima: Citrato sintetase (E.C.4.1.3.7), ou enzima de condensação, ou citrato sintase, ou enzima de Citrato, pertence à classe das liases. Catalisa a reação irreversível de condensação de acetil-CoA com oxalacetato.

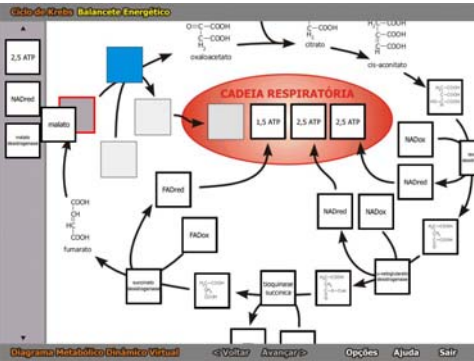
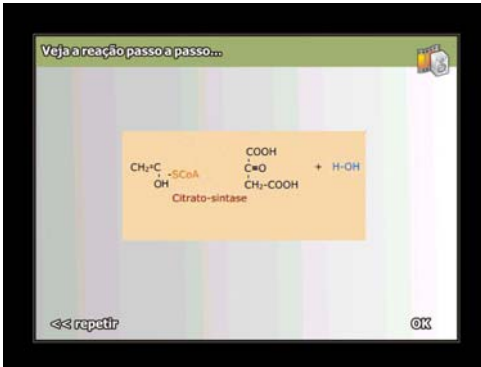
Reações 4 e 5: Transformação do isocitrato em oxalo-succinato e, deste último em α-cetoglutarato.

Enzima: Isocitrato desidrogenase (E.C.1.1.1.41), ou enzima de isocitrato desidrogenase, pertence à classe das oxidoreduções. Catalisa a reação irreversível de oxidação de isocitrato a oxalo-succinato, com a liberação de CO₂ e a redução de NAD⁺ a NADH.

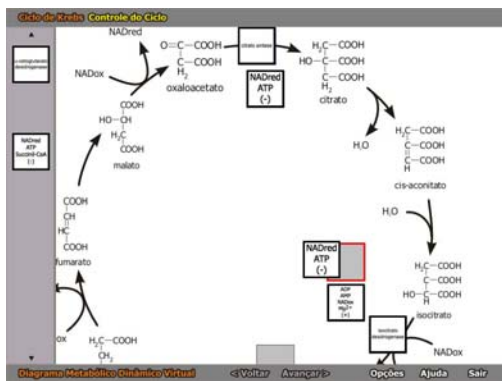
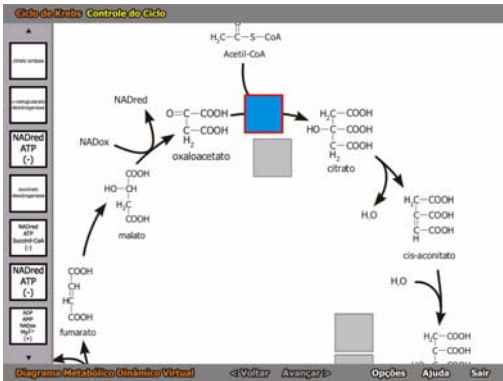
Enzima: α-cetoglutarato desidrogenase (E.C.1.1.1.41), ou enzima de α-cetoglutarato desidrogenase, pertence à classe das oxidoreduções. Catalisa a reação irreversível de oxidação de α-cetoglutarato a succinato, com a liberação de CO₂ e a redução de NAD⁺ a NADH.

Tela do Texto Complementar

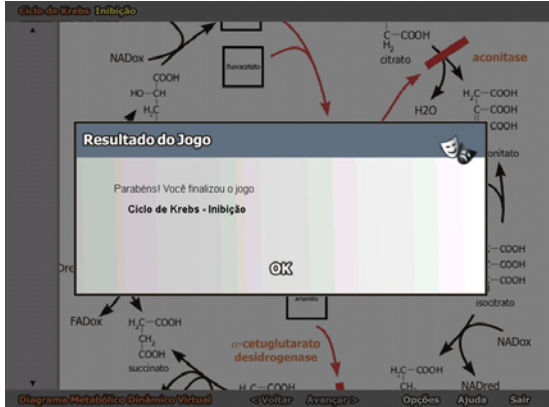
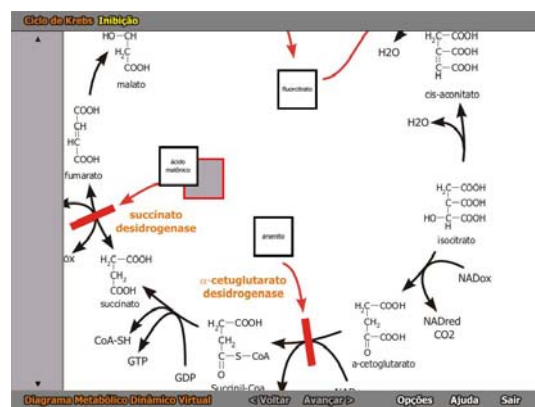
Tela com a caixa de pergunta aberta



Tela da animação de uma reação Telas do Jogo Balancete do C. de Krebs



Telas da Atividade Interativa Controle do Ciclo de Krebs

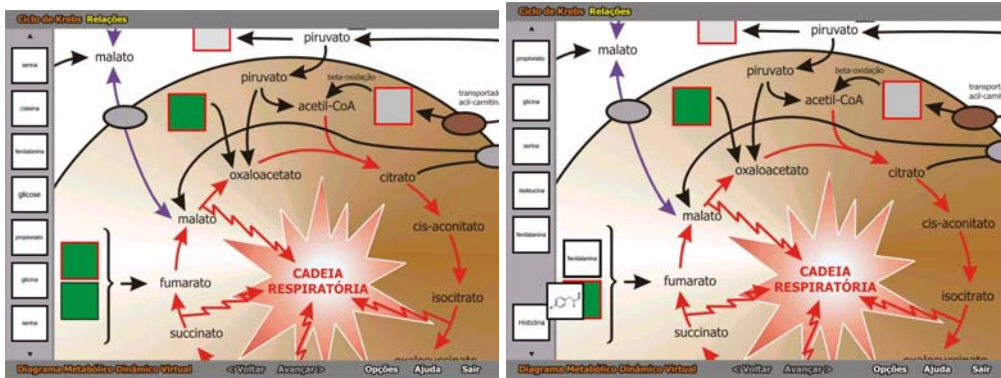


Telas da Atividade Interativa Inibição do Ciclo de Krebs

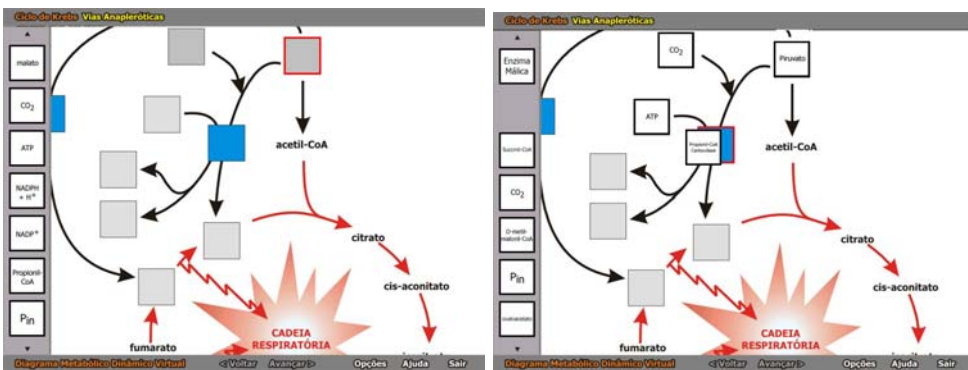
Resultado do Jogo

Parabéns! Você finalizou o jogo

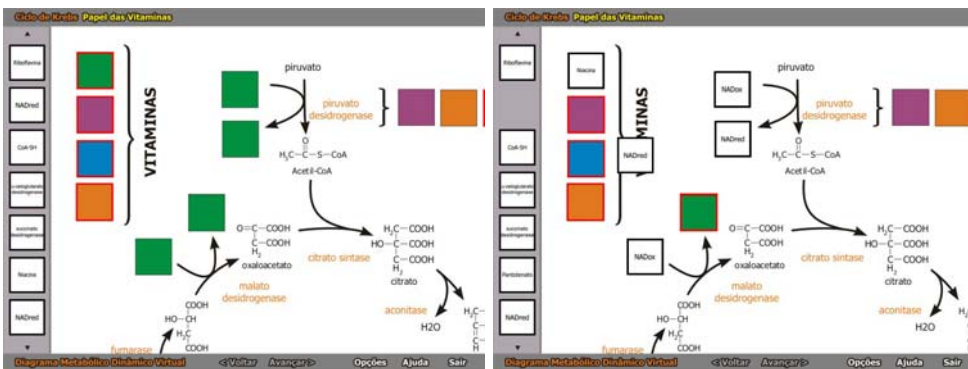
Ciclo de Krebs - Inibição



Telas da Atividade Interativa (Jogo) sobre as Relações do Ciclo de Krebs



Telas da Atividade Interativa - Vias Anapleróticas



Telas da Atividade Interativa de vitaminas necessárias ao Ciclo de Krebs

Testes de Múltipla Escolha

Acetil-CoA reage com o ácido oxalo-acético, em presença da enzima de condensação e forma:

- ⋄ Ácido succínico
- ⋄ Ácido cítrico
- ⋄ Ácido málico
- ⋄ Ácido fumarico
- ⋄ Ácido cis-aconítico

Telas de uma Questão Escolha Múltipla

ANEXO 3

Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual

Manual de Instalação e Uso

1 Introdução

O DMDV é um *software* que permite a seu usuário aprender, estudar e revisar conteúdos referentes ao metabolismo energético no Ciclo de Krebs através de:

a. jogos interativos com a seqüência de substratos e enzimas das rotas metabólicas, seu controle, sua inibição, a função das vitaminas para seu correto funcionamento e sua relação com outras rotas.

b. leitura de textos sobre as funções e características do Ciclo de Krebs assim como marcos históricos de sua elucidação.

c. resolução de questões

O objetivo nos jogos interativos é fornecer todos os dados para completar as informações em destaque sobre a rota metabólica sendo estudada. O DMDV permite ao aluno fazer anotações pessoais no que chamamos de “Diário de Bordo” e criar listas de discussão através de e-mail ou chats. Possibilita, ainda, a instalação do programa CMaps tools para construção de mapas conceituais.

Neste manual estão descritas as orientações para instalação, cadastro de usuários e uso do DMDV.

2 Requisitos

Processador Intel Pentium ou compatível
32 MB memória RAM
50 MB espaço em disco
Sistema Operacional Windows 95 ou superior
Tela com suporte à resolução 800x600 – 24 bits.

3 Instalação

A instalação do DMDV é muito simples. Basta seguir as instruções apresentadas na tela. Os passos que devem ser seguidos para a instalação são descritos a seguir:

1) O CD com a distribuição do programa contém os arquivos **dmdvinst.exe** que irá efetuar sua instalação no sistema. Execute o programa de instalação como mostrado na Figura 1 usando a opção Iniciar/Executar do seu Windows.

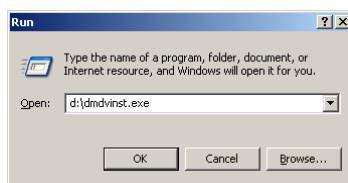


Figura 1

Se por acaso sua unidade de CD-ROM não for a unidade “D”, troque pela letra apropriada.

2) A execução correta do aplicativo instalador irá mostrar a tela de opções como mostrado a seguir:

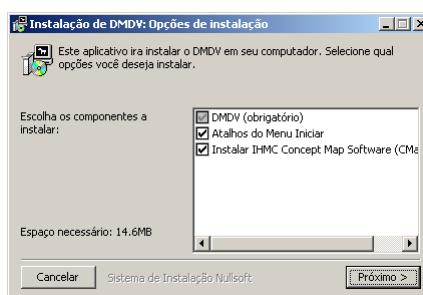


Figura 2

A instalação do IHMC: Concept Map, *software* para construção de mapas conceituais, é opcional e não prejudica a instalação do DMDV

3) Depois de escolher as opções desejadas, clique no botão “Próximo”. A seguir será solicitado o local onde você deseja instalar o programa:

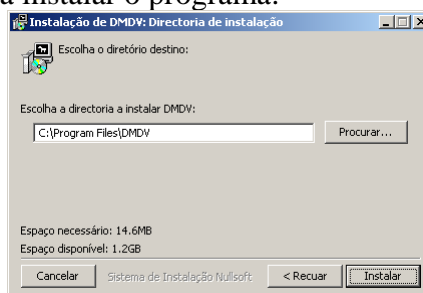


Figura 3

4) Para finalizar a configuração e iniciar a cópia dos arquivos clique no botão “Instalar”.

4 Adicionando novos usuários ao sistema

Logo depois do processo de instalação do *software*, é necessário editar a lista de usuários registrados na base de dados para que os alunos tenham acesso ao sistema. Isso é feito usando o aplicativo “Editar usuários” localizado no grupo DMDV acessível a partir do “Menú Iniciar” do seu Windows.

Ao clicar no ícone, a seguinte tela do programa será apresentada:

Figura 4

Com os botões vistos na tela é possível visualizar todos os usuários registrados, um por um. Presionando o botão “Remover” é possível remover da base de dados o usuário visualizado. Com o botão “Adicionar...” se adicionam novos usuários ao sistema.

Nota: Mantenha sempre um usuário com o nome “professor” para que você tenha acesso ao registro de utilização dos alunos

5 Login no sistema como professor

Para ter acesso ao sistema como professor é preciso entrar no sistema com o usuário “professor” e sua respectiva senha, como mostrado a seguir:

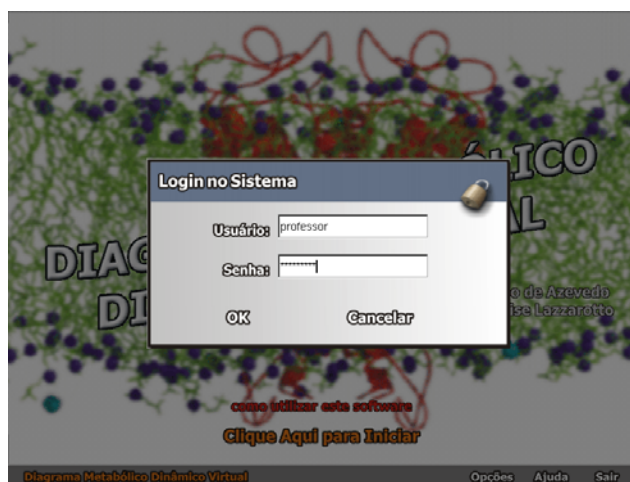


Figura 5

Atenção: A senha padrão da instalação do DMDV para o usuário “professor” é “professor”. Esta senha habilita somente para cadastrar e ver os registros dos alunos,

para entrar nas atividades o usuário é aluno e a caixa correspondente senha fica em branco.

Depois de confirmada sua senha pelo sistema, a tela para visualizar os registros de utilização dos seus alunos é semelhante a mostrada a seguir:

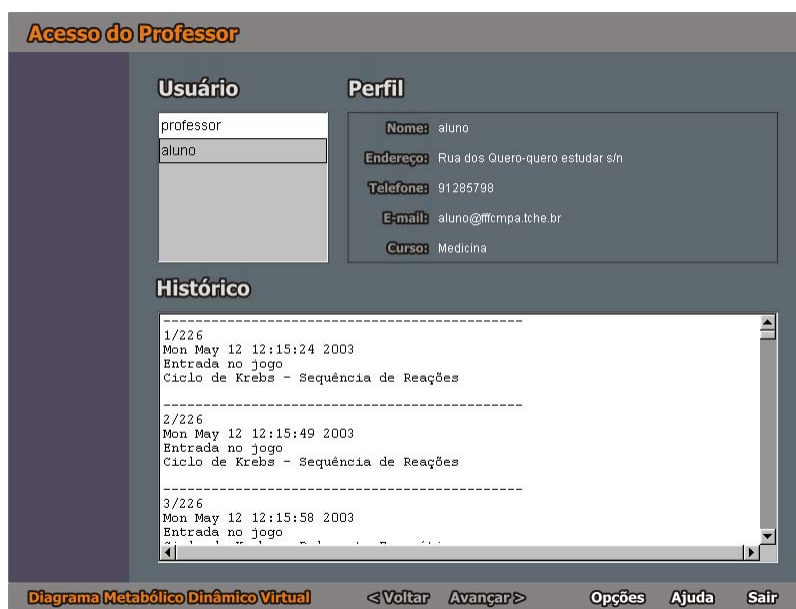


Figura 6

6 Usando o programa

A correta instalação do *software* instalará no menu iniciar de seu Windows os ícones para acesso ao programa, como mostrado na figura a seguir:

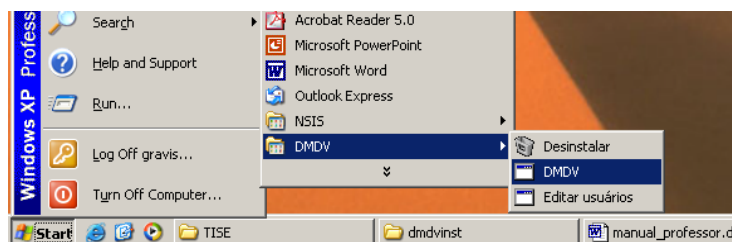


Figura 7

Utilize o ícone DMDV para iniciar o programa.

Uma das telas iniciar do DMDV é mostrada a seguir:



Figura 8

Clicando no link “Clique Aqui para Iniciar” você terá acesso ao sistema depois de informar seu nome de usuário e respectiva senha, como mostrado na imagem a seguir:

ATENÇÃO: Os nomes do usuário e senha são sensíveis à *caixa* da letra, ou seja, existe diferença entre letras maiúsculas e minúsculas. Logo o nome de usuário “pedro” não é o mesmo que “Pedro”. Se não for feito o cadastro dos alunos, para entrar no ambiente o usuário é aluno e a caixa da senha deve ficar vazia.

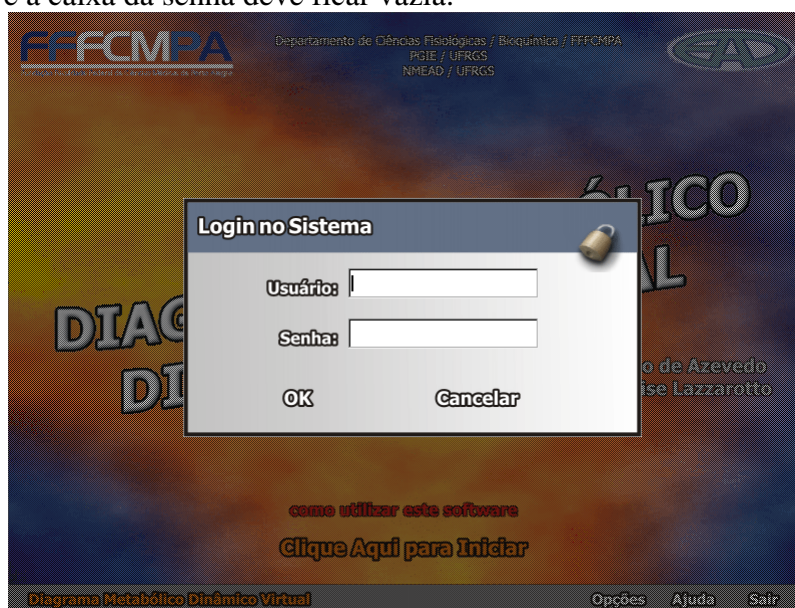


Figura 9

Clicando em OK se confirmam os dados digitados e se tem acesso à tela de ítems principais do Ciclo de Krebs

Utilize o cursor do mouse para navegação. A barra na parte inferior contém um conjunto de opções que podem ser usados em qualquer momento. São eles:

a. Opções: Faz com que você tenha acesso ao menu de opções do sistema.



Figura 10

b. Ajuda: Faz com que você tenha acesso ao menu de ajuda do sistema.

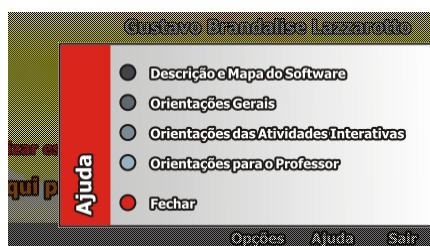


Figura 11

c. Sair: Finaliza a execução do programa.

A tela de ítems principais do Ciclo de Krebs é mostrada a seguir:



Figura 12

Escolha os itens de seu interesse e **BOM ESTUDO**. Não se esqueça de sempre consultar o menu de ajuda localizado na parte inferior da tela para maiores informações. Você encontrará lá, também, mais informação sobre os jogos interativos.

7 Créditos

Autores:

Ana Maria Ponzio de Azevedo

Professora Adjunta da Disciplina de Bioquímica da Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre (FFFCMPA)

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PGIE-UFRGS).

Gustavo Brandalise Lazzarotto

Bacharel em Ciência da Computação da Universidade de Caxias do Sul e Acadêmico do cursos de Medicina da FFFCMPA

Colaboradores:

Prof. Antônio João Sá de Siqueira (FFFCMPA)

Prof. Dr Milton Antônio Zaro (Núcleo Multimídia em Educação a Distância (NMEAD) e PGIE-UFRGS)

Jornalista Maria Izabel Timm (NMEAD/PGIE/UFRGS)

Profa. Dra. Gilse A. Morgental Falkembach (PGIE/UFRGS)

Rosângela Leal Bjerk (Técnica de laboratório FFFCMPA e Acadêmica de Biologia da UFRGS)

Eng Raymundo Ferreira Filho (NMEAD/PGIE/UFRGS)

Paulo Pascoal ((NMEAD /UFRGS)

Marcelo Azevedo e Souza de Jesus (Bolsista do NMEAD/UFRGS)

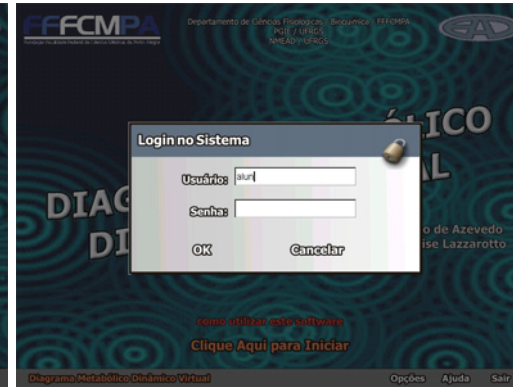
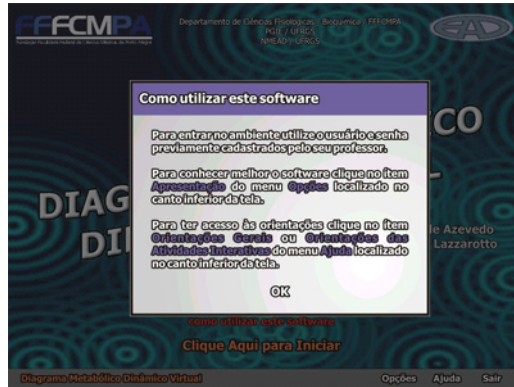
Luis Alcides Bandini De Boni (Acadêmico da PUCRGS)

ANEXO 4
DMDV - Versão de 2003 (depositada no INPI)

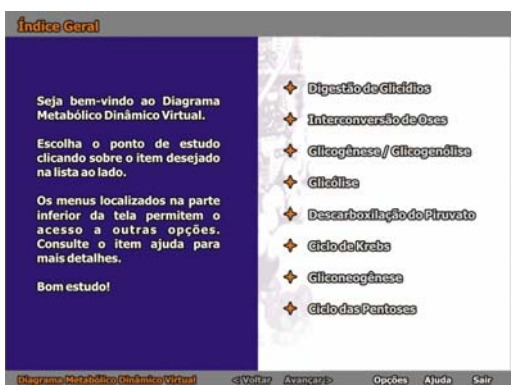
Cópias Impressas das telas do Software DMDV



Tela inicial Outra Tela Inicial



Tela das orientações Gerais Tela do login



Tela com o Índice Geral Tela com o índice do capítulo Ciclo de Krebs

Telas com os textos; Funções e Características, Histórico e Fontes de Consulta

Telas da Atividade Interativa Seqüência do Substrato do Ciclo de Krebs

Telas das caixa com pergunta, com pergunta e resposta escrita pelo usuário e a do resultado

Tela do Texto Complementar Tela com a caixa de pergunta aberta Tela da animação de uma reação

Telas da Atividade Interativa Balançete Energético do Ciclo de Krebs

Como a conversão de acetil-CoA a uma única molécula de piruvato de velocidade de Krebs, a primeira parte de controle está situada fora do ciclo, na formação de acetil-CoA.

Como a velocidade do ciclo de Krebs depende, em parte, da conversão de uma intermediária, é fácil concluir que o controle de sua velocidade acontece nestes pontos.

I - Pontos de Controle Fora do Ciclo

Controlar de Velocidade do Complexo Enzimático de Piruvato Desidrogenase - O complexo piruvato desidrogenase é formado por quatro subunidades por 2. O complexo de um mesmo subunidade de acetil-CoA a acetil-CoA, mas os dois subunidades são, quando desativadas por uma molécula específica.

II - Pontos de Controle Dentro do Ciclo

O controle continua dentro do próprio ciclo, nos seguintes pontos:

1. Citrato Sintase

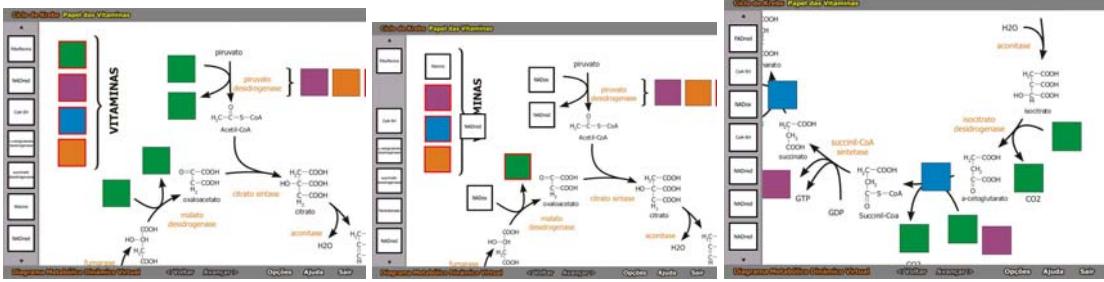
É ativado pela ATP que aumenta a taxa para a acetil-CoA. Este efeito também é devido a difusão de acetil-CoA para dentro do espaço mitocondrial.

Telas da Atividade Interativa Controle do Ciclo de Krebs Tela do texto complementar

Telas da Atividade Interativa Inibição do Ciclo de Krebs

Telas da Atividade Interativa Relações do Ciclo de Krebs

Telas da Atividade Interativa Vias Anapleróticas



Telas da Atividade Interativa de vitaminas necessárias ao Ciclo de Krebs

The image shows three sequential screenshots of a multiple-choice question interface. The first screenshot displays the question text and a list of five options: 'Ácido málico', 'Ácido cítrico', 'Ácido málico', 'Ácido fumarico', and 'Ácido oxaloacético'. The second screenshot shows an 'Aviso' (Warning) dialog box with a red border, indicating that the selected answer is incorrect. The third screenshot shows the same 'Aviso' dialog box with a green border, indicating that the selected answer is correct.

Telas de uma Questão Escolha Múltipla Telas de Resposta da Questão de Escolha Múltipla

ANEXO 5
Ficha de Avaliação do Diagrama Metabólico Dinâmico

Autoria : Prof. Ana Maria Ponzio de Azevedo e Gustavo Lazzarotto

Avaliador _____ Titulação _____

Avaliação do Ambiente de Programa

	1	2	3	4	5	Total de Pontos
O formato de exibição na tela é adequado						
O tamanho de cada seção é apropriado						
O programa permite reverter as ações						
O volume de informações por tela é adequada						
O esquema de cores é agradável						
As opções de menu são acessíveis de qualquer tela do programa						
O programa oferece diferentes caminhos, igualmente seguros, ao usuário?						
Os agrupamentos de ações em classes é adequado						
O programa é capaz de processar rapidamente os dados						
O programa faz consistência dos dados de entrada						
O programa pode ser operado por usuários sem o conhecimento prévio de implementação de sistemas de computação						
O sistema utiliza um número adequado de mensagens						
As mensagens do sistema utilizam um vocabulário simples e adequado ao usuário						
As mensagens do sistema estão escritas segundo normas ortográficas da língua portuguesa						
As orientações ao usuário é de boa qualidade, abrangente, acessível na leitura e dá suporte suficiente e necessário para o uso do sistema						
O programa pode oferecer diferentes tipos de auxílio ao usuário						

Observações ou comentários:

ANEXO 6

Ficha de Consentimento Informado

FFFCMPA – DISCIPLINA DE BIOQUÍMICA - 2003

Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual (DMDV)

Apresentação

O DMDV é um *software* que permite ao usuário aprender, estudar ou revisar conteúdos referentes ao metabolismo dos glicídios e ao Ciclo de Krebs por meio dos seguintes itens:

- jogos interativos da seqüência de substratos e enzimas de uma determinada via metabólica; controle; inibição; papel das vitaminas e a relação com outras rotas metabólicas.
- leitura de textos, tais como: funções e características; histórico; velocidade;
- resoluções de questões e, em alguns casos, de casos clínicos.

Planejamento do estudo piloto para testar a validade do uso do DMDV em ensino e aprendizagem em Bioquímica.

Será feito um teste com os alunos do curso de Medicina da FFFCMPA, que estão cursando a Disciplina de Bioquímica. Estes alunos assistirão a uma aula expositiva sobre o Ciclo de Krebs, antes de ter prestado prova deste conteúdo serão convidados a participar do estudo piloto.

Todos os alunos serão solicitados a construir um mapa conceitual do Ciclo de Krebs antes e imediatamente depois do estudo, assim como um mês após o estudo.

Os alunos serão divididos pela Quadro de aleatoriedade em três grupos:

1º utilizará o *software* para estudar o Ciclo de Krebs

2º fará o estudo utilizando apontamentos de aula e pesquisa em livros

3º estudo em grupo utilizando o método não virtual do diagrama metabólico

dinâmico

Análise das questões descritivas formuladas durante o estudo serão feitas para verificar a possível ocorrência de modificações na estrutura cognitiva do aluno.

Independentemente do seu desempenho o aluno que participar deste estudo e entregar os três mapas conceituais ganhará um ponto da nota correspondente ao capítulo do metabolismo de glicídios.

O mapa conceitual inicial será usado como indicador do conhecimento prévio do participante sobre o assunto trabalhado e o mapa conceitual final indicará a expansão dos conceitos processados pelo aluno, após ter feito o jogo e depois de um período de tempo maior.

Ficha de Consentimento Informado

Após ter lido e recebido informações sobre o estudo DMDV, sob responsabilidade da Professora Ana Maria Ponzio de Azevedo, concordo em participar do estudo piloto para testar a validade do uso do DMDV no ensino e aprendizagem em Bioquímica.

Estou ciente de que poderei ser selecionado para participar do projeto em qualquer um dos grupos de estudo.

Assinatura Número de matrícula:

e-mail: Data:

Ficha Cadastral

Nome: _____ Turma: _____ Idade _____

Colégio em que cursou o 2º Grau: _____

1. Você tem conhecimento de informática?

2. Quais os *softwares* que você costuma utilizar?

3. Você possui computador em casa?

4. É usuário da Internet? Com que periodicidade?

5. Qual o tipo de aula que você mais gosta de assistir?

6. Como você prefere estudar?
 - em casa sozinho
 - com grupo de colegas
 - indiferente

Outra maneira: _____

ANEXO 7
Cronograma das Aulas

DATA	H	Assunto	Metodologia
25/04	10	Bioenergética- Compostos ricos em energia	Expositiva e exercícios
29/04	8	Bioenergética- Compostos ricos em energia	Expositiva e exercícios
29/04	10	Ciclo de Krebs	Estudo no laboratório de informática.
29/04	11	Ciclo de Krebs	DMD: Estudo em grupo com os monitores
06/05	8	Discussão da prova	
06/05	10	Cadeia Respiratória	Aula no laboratório de informática
06/05	11	Cadeia Respiratória	DMD: Estudo em grupo com os monitores
09/05	10	Visão Geral do Metabolismo dos Glicídios Digestão dos Glicídios	Aula no laboratório de informática
13/05	8	Interconversão de Oses	Expositiva e exercícios
13/05	10	Glicólise e Descarboxilação do Piruvato	Estudo com DMDV no laboratório de informática.
13/05	11	Glicólise	DMD: Estudo em grupo com os monitores
16/05	10	Glicólise e Gliconeogênese	Estudo com DMDV no laboratório de informática.
20/05	8	Ciclo das Pentoses	Expositiva e exercícios
20/05	10	Glicólise e Gliconeogênese e Ciclo de Krebs	Estudo com DMDV no laboratório de informática
20/05	11	Gliconeogênese e Ciclo de Krebs	DMD: Estudo em grupo com os monitores
23/05	10	Glicogênese e Glicogenólise	Expositiva e exercícios
27/05		Ciclo das Pentoses e Glicogênese e Glicogenólise	Estudo a Distancia com o uso do ambiente de aprendizagem do DMDV
27/05		Ciclo das Pentoses e Glicogênese e Glicogenólise	Estudo a Distancia com o uso do ambiente de aprendizagem do DMDV
27/05	11	Glicogênese/Glicogenólise	DMD: Estudo em grupo com os monitores
03/06		Revisão do Metabolismo dos Glicídios	Estudo a Distancia com o uso do ambiente de aprendizagem do DMDV
06/06		Revisão do Metabolismo dos Glicídios	Estudo a Distancia com o uso do ambiente de aprendizagem do DMDV
10/06	10	PROVA ESCRITA	
17/06	8	Correção da prova e comentários sobre a avaliação	

O estudo no computador será realizado com o ambiente de aprendizagem Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual (DMDV) endereço: <http://dmdv.ffcempa.tcche.br> e o acesso será mediante a senha (usuário: iniciais do nome e o último sobrenome por extenso; senha o último sobrenome).

ANEXO 8

Planilha de acompanhamento das atividades e interações dos alunos no ambiente

Semana	9/5-15/5				16/5-22/5				23/5-29/5				30/5-05/6				06/6-12/06				Acesso	Comenta				
	ALUNO	Dia/local	Tempo Ace	Aval/	Dia/local	Tempo Ace	Aval	Dia/local	Tempo Ace	Aval	Dia/local	Tempo Ace	Aval	Dia/local	Tempo Ace	Aval	Dia/local	Tempo Ace	Aval	após 12/6 - até a prova (dia 17/6 -8h)			Respostas			
217	13-A		26	●	19F;20A	95+55	●	23A		50	●	2F;3A	120;83	●	6A9F 10A	50;240;2	●			0	10C 10R					
218	9 e 13 A	44 + 50	●	20A		48	●							●	9F 10A	2;51	●			16 e 17 - textos e DMDV digestão	6C 0R					
219	9 e 13 A	55 + 50	●	19F; 20A	2+52	●	23A25F26F	51;50;5	●	2F;3A	97;63	●	6A7F10A10C	81,21,120?	●	6A10A	51;73	●		15 DMDV e 16 - testes objetivos	17C 0R					
220	9,13A	52+50	●	20A		58	●	23A25F26F	32;53;1	●	3A		85	●	6A10A	51;73	●			15 e 16 - só textos	14C 0R					
221	13A		48	●	20A		60	●	23A		44	●	2F		71	●	6A,6F10A	88,2,68	●		16 DMDV e respondeu questões	10C 7R				
222	9,13A 14F	49+52+5	●	18F;18F;20A	91+49+53+5	●	23A24F24F	33;48;81	●	2F;3A;3F	52;83;7	●	6A,6F10A	70,88,65	●	6A,6F10A	70,88,65	●		14 (Texto e DMDV) 15; 16(DMDV)17 (DMDV)	23C 16 R					
223*	9,13A	47+ 46	●	20A		60	●	23A		28	●	3A;3F	72;26	●	6A10A10F	31,37,15	●			14 e 15 - pouco tempo - textos e slides	17C					
224*	9,13A	1+54	●	20A		55	●	23A24F	26;3	●	3A		96	●	6A,10A,10F	50,35,14	●				0 7C					
225	9,13A 14F	53+47+36	●	18F; 20F;20A	30+8+98	●	23A25F26F	39;64;28;17	●	1F;1F	25;70	●	6A,9F,10A,	87,81,58,11	●	6A,9F,10A,	87,81,58,11	●				0 33C 14R				
226*	9,13A	42+52	●	20A		74	●	23A		31	●	3A		74	●	6A,10A	88,73	●				14 só fez o login e saiu	10C 0R			
227			●	20A; 20F	63+4	●	23A24F	50;44	●	30F;31F;3A	57;6;81;2	●	6A,10A	89,87	●	6A,10A	89,87	●				14 pouco tempo e só texto	10C 7R			
228	9,13A	47+ 1	●	20A		42	●	23A26F29F	28;3;8	●	3A		74	●	6A,10A	84,38	●					14;15;16 - DMDV e textos 17 (antes da prova)	2C			
229	9,13A	54+52	●	20A		50	●	23A24F	26;141	●	3A		66	●	6A,10A	59,34	●						0 23C			
230	9,13A	45+33	●	20A		50	●	25F		31	●	3A;3F	65;22	●	6A,10A,10E	68,61,52	●						0 12C 0R			
231*	9,13A 11F	98+46+1	●	16F;19F; 20A	20+99+60	●	23A23F	10;1	●	3A		77	●	6A		83	●						0 26C 1R			
232	9A		80	●	17F; 20A	45+30	●					1	●	6A,10A		86,2	●						14 por 5 min só iniciou o DMDV da Gli	13C 0R		
233	9,13A 10,11	1+42+1+4+2	●	20A		46	●	23A		44	●	2F;3A;3F;5F	3;90;4;60	●	6F,6A,10A,	13,31,69,31	●							14 (94min) DMDV;15 (3mi) texto inte-re	22C 5R *I	
234	9,13A	40+52	●	20A		50	●					80	●	6A,10A	73, 70	●								0 20C 0R		
235	9,13A 13,14	38+48+116+1	●	16F; 20A	100+50	●	23A25F26F	21;23;2;49	●	3A		75	●	6A,10A	88, 60	●								16 (14 min) só DMDV digestão	18C 0R	
236			●	16F; 20A	40+10	●							●	10A		28 - ENZ	●								0 4C	
237	13A		28	●	16F; 20A	62+46	●	27F		31	●	3A		68	●	6A, 10A	4, 50	●							16 (180min) e 17 (40 min) DMDV e tes	14C 0R
238*	9,13A	60+47	●	20A		60	●	23F		34	●	3A		76	●	6A, 10A	69,68	●							15 (27 min) textos	10C 0R
239*			●			0	●							●		0		●							0 2C 0R	
240			●	20A		42	●					44	●		0			●							15 só login	12C 0R
242	9,13A	40+39	●	20A		35	●	23A23F24F	2;4;4;1	●	31F;3A	1;65	●	6A		74	●								14 (36 + 21) DMDV, respondeu pergun	3C 0R
243	Não frequentou																									
244*	9,13A	13+52	●			0	●					66	●	6A,10A	67, 68	●									0 4 C ; 0R	
Convenções:																										
Em relação ao local:		A = em aula		Esta avaliação corresponderá a 5 pontos da nota final deste capítulo e serão consideradas as atividades de interação feita pelos alunos: tempo de acesso; execução do "jogo"; respostas as questões descritivas e aos comentários do professor; testes objetivos aos textos complementares e também a participação																						
		F = fora de aula																								
Em relação a avaliação:		● = excelente																								
		● = bom																								
		● = regular																								
		● = regular fra		* Não aceitou o ser avaliado pelo uso do AMEBq																						
		● = insuficiente																								

ANEXO 9

Carta de um professor



Laboratório de Bioquímica e Química de Proteínas
UnB – Universidade de Brasília

9 de novembro de 2005

Prezada Profa. Ana Maria Ponzio de Azevedo,

Gostaria de relatar a experiência com o uso do Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual (DMDV) aplicado à turma 1/2004 da disciplina Bioquímica Animal do curso de Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

A avaliação do produto antes de seu uso foi positiva, gerando uma boa expectativa quanto ao seu impacto sobre o aprendizado.

O produto foi utilizado por 30 alunos, de forma individual, em uma sala equipada com computadores. A grande maioria dos alunos demonstrou interesse pelo programa logo no início de seu uso, o que criou um ambiente de discussões a respeito do tema. A criação desse ambiente espontâneo é de extrema importância, uma vez que despertou o interesse dos alunos naturalmente.

Poucos alunos menos familiarizados com ambientes multimídia apresentaram algumas dúvidas operacionais, as quais foram facilmente sanadas.

Outro fator positivo notado foi a permanência de alunos em sala, usando o programa, após o término do período de aula (depois de serem dispensados), fato que é observado em um número bem menor de alunos após aulas clássicas.

De forma geral, a opinião dos alunos a respeito do uso do programa em aula foi extremamente favorável, sendo diversas as sugestões de implementação de estratégias semelhantes para outros tópicos.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Wagner Fontes

ANEXO 10

Categorização das Respostas dos alunos

Questões colocadas:

Como o *software* Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual (DMDV), ainda está em fase de implementação, é importante para nós uma avaliação do mesmo. Por favor, responda, no Diário de Bordo, as questões abaixo:

Avalie a atividade desenvolvida com o DMDV destacando os aspectos positivos e aspectos que poderiam melhorá-lo.

2. Quais as aprendizagens mais importantes que você destaca desta atividade?
3. Quais as sugestões que pode dar para continuidade deste tipo de atividade?

CATEGORIZAÇÃO

Convenções:

O primeiro número representa a pergunta

O segundo número representa o aluno

O terceiro número representa (a localização) da categoria

Preto os escritos dos alunos que não foram considerados

Azul os escritos considerados da 1ª categoria: Melhorar a aprendizagem

Vermelho – a 2ª categoria: Aprendizagens mais importantes

Verde – a 3ª categoria: Aspectos a melhorar

Rosa – a 4ª categoria: Sugestões

Mais de uma categoria na mesma frase: sublinhado e número da categoria relacionada entre parênteses

Observação: Em relação aos alunos (segundo número)

- do nº 1 ao 27 são do curso de Medicina da FFFCMPA, responderam no diário de Bordo em 27/04/04

- do nº 28 ao 67 são do curso de Farmácia da UFRGS, responderam no papel após a aula, em 2004 e 2005.

- do nº 68 ao 83 são do curso de Engenharia Ambiental da UNESP – Rio Claro, responderam no papel, em 2005.

Respostas da primeira pergunta:

1.1.1 O DMDV é interessante, pois através dele vemos os ciclos funcionarem, nos trabalhamos (montamos) os ciclos, facilitando nossa memorização e conseqüente aprendizagem .

Positivos: podemos ter uma visão geral da matéria e ainda testar nossos conhecimentos através das seqüências das reações e dos testes de múltipla escolha. Ficamos sabendo qual o ponto em que estamos mais fracos da matéria.

1.1.3 Negativos: as perguntas de múltipla escolha poderiam não repetir quando acertamos e poderiam ter a resposta correta para que não fique repetindo e ter mais perguntas.

1.2.1 - Aspectos positivos - uma maneira de nos familiarizarmos com os ciclos e com as nomenclaturas da disciplina.

1.3.3 balancete energético: sugiro corrigir descarboxilação do piruvato e ciclo de Krebs, os quais se encontram juntos no balancete energético aeróbio

resposta as Questões:

1.3.1 O aspecto positivo seria a velocidade com que o aluno pode estudar a matéria, pois em aula, muitas vezes, não conseguimos captar o conteúdo. Repetir os passos de cada ciclo ou via também ajuda a entender melhor, o que seria difícil de fazer em uma turma com muitos alunos. O interessante que cada um pode estudar no seu ritmo e quantas vezes quiser, porem isso não dispensa o professor de estar presente na aula, pois as duvidas surgem durante o aprendizado.

1.4.1 O DMDV é muito útil para o estudo. 1.4.3 Contudo os vídeos não estão funcionando e as perguntas de múltipla escolha ficam sendo repetidas. No geral, o trabalho é muito válido: interativo, dinâmico.

1.5.1 A atividade com o DMDV é muito lucrativo, pois possibilita ao aluno uma melhor avaliação de seu conhecimento na medida em que a atividade interativa aumenta o seu interesse e desenvolve o seu raciocino sobre o conteúdo.

1. 6.1 Aspectos positivos: interatividade; dinamismo; diversidade e abrangência de tópicos abordados

Aspectos negativos: 1.6.3 questões de múltipla escolha repetem-se por diversas vezes; os textos, quando solicitados, deveriam aparecer de maneira mais objetiva.

1.7.1 Acredito que o DMDV foi útil para a visualização e melhor compreensão das reações estudadas, pois faz com que apliquemos os conhecimentos adquiridos em sala de aula.

1.7.4 Creio que as considerações apresentadas sobre o Ciclo de Krebs estavam muito completas e que, se todos os conteúdos sobre glicídios forem apresentados da mesma maneira, o DMDV ficaria completo.

1.8.1 Achei interessante estudar pelo programa, já que na aula eu estava meio-perdida. Acredito que é com exercícios e resumos que conseguimos memorizar a maioria do que aprendemos em aula.

1.9.1 O DMDV é um ótimo exercício para fixação, bem importante, já que, infelizmente, é necessária a memorização das vias metabólicas.

1.10.1 A atividade é muito proveitosa, pois ao desenvolver os jogos, testamos o nosso conhecimento, dessa forma é muito mais fácil sabermos quais são as nossas principais dúvidas, as quais não aparecem estudando só em casa.

1.11.1 Foi bastante proveitoso para a compreensão da matéria e interligação das etapas do metabolismo.

1.12.1 Eu achei o programa muito interessante, tem informações muito didáticas, e se destaca por que se aprende jogando.

1.13.1 *Software* de boa didática, que possibilita a memorização, consolidando o conhecimento.

1.14.1 O programa é bem didático e possibilita um bom entendimento da matéria.

1.15.1 Acho bem positiva a finalidade do jogo, é uma maneira muito mais fácil de se aprender e entender a matéria.

1.15.3 Acho que deveríamos ter a opção de imprimirmos as vias após tê-las completado. Na parte em que respondemos as questões, elas muitas vezes se repetem.

1.16 -

1.17.1 O DMDV representa uma forma extra de estudos, que, utilizado de maneira adequada, serve perfeitamente aos seus propósitos. 1.17.3 Faltam, no entanto, acrescentar alguns tópicos e revisar outros, visto que, em alguns pontos, há peças faltando ou em excesso.

1.18.1 O *software* supre uma deficiência existente na maior parte das cadeiras complexas da faculdade, possibilitando a aprendizagem por repetição, mas de forma "light" permitindo ver as rotas de diversas maneiras diferentes e também testar os nossos conhecimentos através de testes objetivos e descritivos (digamos que alguns chamariam isso de didática).

1.19.1 O *software* é muito bom pois ajuda na fixação dos conteúdos, de uma forma muito didática. 1.19.3 Poderia ser um pouco mais interativo.

1.20.1 É um bom programa para gravar as rotas, inibições e regulações, 1.20.3 porém é difícil fazer uma análise definitiva pois o programa ainda está inacabado

1.21.1 Acredito que o DMDV é extremamente útil no aprendizado de Bioquímica.

1.22 É uma forma alternativa de estudo, o que é muito bom por que não ficamos na mesmice dos livros.

1.23.3 Muito bom. Apenas melhorar alguns erros na aparência (deslocamento de quadros, etc.)

1.24.1 Os diagramas das seqüências de reações são bons para memorizar.

1.25.1 O DMDV serve para fixar as seqüências das reações. Se esse é o objetivo, imagino que será alcançado.

1.26 - não respondeu

1.27 - não respondeu

1.28.1 Interessante, principalmente porque demonstra detalhadamente como ocorrem as reações mais importantes do Ciclo de Krebs.

1.29.1 Achei interessante e é uma atividade diferente. Acho que o aprendizado se torna mais facilitado quando se consegue visualizar o mecanismo das reações das reações

1.30. Avaliei a atividade desenvolvida com o DMDV destacando os aspectos positivos.

1.31.1 Avaliei a atividade desenvolvida com o DMDV destacando os aspectos positivos. Constitui-se um bom método de estudo, pois permite a visualização completa dos processos sem que haja perda dos detalhes das vias metabólicas.

1.32.1 É um *software* bastante interessante, que através das perguntas nos motiva a procurar as resposta e entender o ciclo. A animação das reações também facilita nosso entendimento.

1.33.1 Interessante e muito interativo, despertando a curiosidade dos alunos.

1.34 Muito interessante.

1.38.1 O programa promove uma maior interatividade do aluno com a matéria, proporcionando uma melhor visualização das reações, revisão do conteúdo e estimulação do raciocínio.

1.39.1 É um programa muito didático, que nos proporciona um melhor aprendizado a respeito do

ciclo de Krebs mostrando as estruturas dos compostos e as reações, passo a passo. Possui

maior interação alunos programa do que os outros usados em aula.

- 1.40.1 Atividade interessante para complementadas aulas teóricas pois [proporciona interatividade para compreensão da matéria.](#)
- 1.41.1 O programa é bom, pois é bem elaborado e bem feito. [Complementa o estudo, e faz pensar.](#)
- 1.42.1 O programa é uma [ótima ferramenta de aprendizado interativo. Leva o aluno a interagir com o próprio ciclo de Krebs. Fazendo-o pensar e interessar-se pela matéria.](#)
- 1.43.1 achei muito interessante, pois avalia os conhecimentos mais importantes para a compreensão do ciclo do Krebs.
- 1.44.1 Útil [para ver o desenvolvimento das reações](#) na prática.
- 1.45.1, Através deste programa é possível fazer um aprendizado detalhado da matéria.
- 1.46. 1 Atividade estimulante que [visa por complementar o embasamento teórico adquirido no ciclo, os quais temos que nos limitar apenas a imaginar](#)
- 1.47.1 A [atividade interativa que estimula a participação dos alunos de forma importante](#)
- 1.48.1 Muito didático. [Facilita compreensão e memorização](#) do assunto.
- 1.49.1 [Os jogos são objetivos, fáceis e bem ilustrativos.](#)
- 1.50.1 O estudo da matéria de modo interativo e dinâmico facilita a aprendizagem.
- 1.51.1 [Estimula o aprendizado, é bastante dinâmico e interativo.](#)
- 1.52.1 A atividade [proporciona a visualização das reações e etapas do ciclo de maneira interativa.](#)
- 1.53.1 [Facilita compreensão e memorização. Bastante interativo.](#)
- 1.54.1 É um [programa interativo, portanto muito didático. Permite enxergar as reações de maneira mais concreta além de fornecer um material teórico para sua compreensão.](#)
- 1.55.1 [Facilita a memorização; Testa os conhecimentos; Ser acessável a todos por estar elaborado em português.](#)
- 1.56.1 Muito importante para o nosso aprendizado, pois com este *software* podemos [visualizar os mecanismos das reações químicas, aprimorando o conteúdo aprendido em sala de aula.](#)
- 1.57.1 Interessante porque [estimula o aluno a pensar com a figura](#), ao contrário das figuras onde já [estão presentes todos os reagentes, produtos, enzimas etc..](#)
- 1.58.1 Muito interessante, pois com essa aula conseguiremos [visualizar o que foi ensinado durante as aulas enriquecendo, muito, dessa forma ao aprendizado. Exemplo disso foi a visualização das reações químicas.](#)
- 1.59.1 Muito boa devido [a interatividade com os alunos, facilitando a aprendizagem.](#)
- 1.60.1 Gostamos muito do programa pois [há a possibilidade de interagir diferente dos outros.](#)
- 1.61.1 O programa foi muito bem elaborado e [foi mais interessante que os outros dois vistos na aula \(Lehninger e Kogito\). A melhor parte foi a visualização dos mecanismos das reações.](#)
- 1.62.1 O programa é muito interessante, [as reações são mostradas de forma clara, além de ser em português, o que facilita a compreensão.](#)
- 1.63.1 O programa foi muito bem elaborado e [foi mais interessante que os outros dois vistos na aula \(Lehninger e Cogito\). A melhor parte foi a visualização dos mecanismos das reações.](#)

- 1.64.1 O programa é muito interessante, **as reações são mostradas de forma clara**, além de ser em português, **o que facilita a compreensão**.
- 1.65.1 Aspectos positivos: **complementa as aulas teóricas, induz o raciocínio do aluno, permite ao aluno visualizar os mecanismos de forma dinâmica**. Aspectos negativos: poderia ser mais explicativo com textos complementares ao acertar o substrato ou enzima.
- 1.66.1* Auxilia **na memorização do conteúdo** desenvolvido. Aspecto a melhorar: **melhorar apenas o tamanho das imagens para uma melhor visualização**.
- 1.67.3 Aspecto a melhorar: **o Ciclo inteiro não era visualizado na tela**. A barra de ferramentas não estava visível.
- 1.68.1 O aluno tem **contato com um ambiente interativo diferente ao da sala de aula**.
- 1.69.3 Programa **pode ser menos complexos ou aprendizado em níveis**.
- 1.70. 4 O programa é ótimo, e **poderia ser utilizado mais vezes** pois a matéria estudada é muito cheia de detalhes.
- 1.71 Muito boa.
- 1.72 Não respondeu.
- 1.75.3 O DMDV poderia ser **melhorado com textos com explicações melhores, muitas perguntas feita não podiam ser respondidas apenas com os textos do próprio programa**.
- 1.76.1 Com o DMDV exercita-se **mais a memória e dá-se importância ao entendimento do assunto**. A **visualização das reações nos programas facilita a fixação do assunto**.
- 1.77 Está tudo ótimo.
- 1.78.1 **Bem interativo**. Explicado claro e objetivo.
- 1.79 Não respondeu.
- 1.80 Positivos: As atividades são **dinâmicas e de fácil entendimento aos usuários**. **O que poderia ser melhorado são os testes de múltipla escolha, já que não existe um "fim", que possibilita a visualização das questões incorretas e a resposta certa**.
- 1.81.3 Poderia melhorar se a consulta pudesse ser feita sem apagar o que você já fez no exercício.
- 1.82.1(4) * Positivo; **Tamanho da letra. Figuração. Interatividade**. Pode melhorar: **Caixa de diálogo para auxiliar com a parte teórica. Resumos antes das atividades.**
- 1.83.1 **Facilita o entendimento**.

Respostas da segunda pergunta:

- 2.1.2 Saber **relacionar a seqüência de ciclos e familiaridade com asa enzimas, inibidores e substratos**.
- 2.2.2 (1) **As montagens dos ciclos * tornam mais claro e simples o estudo da disciplina.***
- 2.3.2 (1) ***ajuda a fixar a matéria, e melhor entender, pois o aluno questiona alguns passos dos ciclos ou vias.***
2. 4.2 **Não há um aprendizado mais importante. Tudo que nos está sendo oferecido é importante.**

2.5 -

2.6.2 Creio que o ponto mais relevante tenham sido as rotas, visto que *facilita a compreensão do conteúdo teórico.*

2.7.2 A memorização de reações essenciais para a compreensão do metabolismo dos glicídios que, sem o DMDV, seria mais difícil.

2.8.2 O mais importante do estudo foi a vontade dos alunos em aprender este difícil conteúdo e a disposição da professora em passar todo seu conhecimento. Os casos clínicos também são importantes para a assimilação.

2.9.2 As perguntas que aparecem durante as etapas do jogo são boas para termos noção do tipo de pergunta que pode ser-nos cobrada na prova.

2.10 -

2.11.2 Saber identificar as enzimas que atuam, onde ocorre gasto de energia, qual o produto formado em cada reação. E também muito bom para a memorização, sendo uma boa fonte de estudos.

2.12 -

2.13.2 No meu caso, o *software* foi muito proveitoso no momento em que possibilitou rever pontos que não tinha compreendido muito bem, principalmente os mecanismos de lançadeira.

2.14.2 (1) O fato de a visualização passo-a-passo das rotas possibilitar um maior entendimento das mesmas, *simplificando o aprendizado*

(1) O uso do *programa simplifica a maneira de aprendermos e entendermos a Bioquímica*

-

2.17.2 O jogo oferece oportunidade de aprender com os erros, já que encaixes errados são apontados.

2.18.2 (1) Os "jogos" são a melhor maneira de tornar as rotas metabólicas mais acessíveis aos alunos. *Para a fixação do que mais interessa de todas as rotas, e os testes objetivos são perfeitos para isso.*

2.19.2 O fato do aluno ir montando por conta própria as reações ajudam na memorização do conteúdo.

2.20.2 Memorização das rotas, inibições e regulações.

2.21.2 A possibilidade de acessar o Diagrama na Biblioteca é ponto importante na assimilação do conteúdo.

As questões de múltipla escolha e os textos de apoio também são ferramentas auxiliares essenciais.

O ciclo de Krebs e A cadeia respiratória são os pontos que acredito ter assimilado melhores através do DMDV

2.22.2 A gente monta o quebra cabeça e memoriza a imagem.

2.23.2 Montagem das reações = memorização

2.24.2 As seqüências de reações da Via Glicolítica, do Ciclo de Krebs e C.R.

2.25 - não respondeu

2.26.2 A visualização da seqüência de reações, permitindo que o aluno tenha uma visão geral do metabolismo e o decore.

2.27.2 (1) A visualização das rotas metabólicas interativas auxilia sobremaneira o entendimento em *virtude da memória visual, por isso seria interessante que pudessemos imprimir as rotas. *

- 2.28.2 *A visualização com “movimento” das reações torna a aprendizagem mais fácil.
- 2.29.2 Visualização dos mecanismos das reações com animação.
- 2.30.2 Noção e Fixação do ciclo de Krebs.
- 2.31.2 Possibilidade da relação estrutura função das enzimas envolvidas no processo; Papel das coenzimas e vitaminas; Participação dos inibidores na regulação e inibição completa do ciclo.
- 2.32.2 Noção da seqüência do ciclo de krebs; Textos auxiliares explicativos; Animações das reações.
- 2.33.2 Noção da seqüência do ciclo de krebs. Clareza de instruções e explicações.
- 2.34.2 A *visualização dos processos através da multimídia; Nos permite ter uma idéia molecular de como as coisas acontecem.
- 2.35.2 A ordem com que as reações e a estrutura dos compostos.
- 2.36.2 Ciclo de krebs, estrutura dos compostos e reações.
- 2.37.2 A *visualização do ciclo no qual nós temos que completar as reações ajuda na *memorização deste, destacando a especificidade dos substratos com suas enzimas.
2. 38.2 As rotas estão bem feitas, e o filme auxilia a “ver” onde ocorrem as reações.
- 2.39.2 Torna mais nítida a conexão entre a sala de aula e o ciclo de krebs. Estimula a capacidade de raciocínio quanto a matéria.
- 2.40.2 Aprender sobre a ordem das reações do ciclo, quais as enzimas e coenzimas envolvidas, a importância das reações no ciclo.
- 2.41 .2 Saber o lugar das enzimas no texto.
- 2.42 .2 Amostra das reações passo a passo.
- 2.43 .2 Através desta atividade, conseguimos acompanhar de um modo mais dinâmico o segmento das reações do ciclo de krebs.
- 2.44 .2 A de completar o ciclo do ácido ressaltando as enzimas e outros componentes do ciclo.
- 2.45 .2 Compreender o desenvolvimento do ciclo de krebs.
- 2.46 .2 Podemos *visualizar interativamente as reações do ciclo de krebs.
- 2.47 .2 a maneira como as enzimas e as coenzimas atuam no ciclo de krebs, transformando um substrato em outro que será substrato da próxima reação e como ao final as enzimas e as coenzimas são regeneradas e se produz energia.
- 2.48 2. Entendemos a aula como um todo, bem como o que acontece em cada reação específica e, também, a maneira como as coenzimas do ciclo são regeneradas.
- 2.49 2. Reforço da matéria de forma interativa, facilitando a compreensão e a memorização.
- 2.50 2. Compreensão e memorização do ciclo de krebs.
- 2.51 . Poder testar os nossos conhecimentos de maneira interativa.
- 2.52 2 (1). *A interação*, que exige do aluno, um maior interesse pelo estudo do conteúdo. Seja respondendo um teste de múltipla escolha, seja verificando os mecanismos dos ciclos.
- 2.53 2. Poder ver melhor como acontecem nas reações e entender melhor o ciclo.
- 2.54 2. Reconhecer de forma objetiva as enzimas e coenzimas.
- 2.55 . Reações químicas.

- 2.56 2(1). Conseguimos *memorizar* e entender melhor o ciclo de krebs, relacionando nome e estrutura.
- 2.57 2(1). *Visualizar* a teoria do ciclo de krebs e todas as suas reações.
- 2.58 2. Os mecanismos das reações. A idéia de completar os quadrinhos com enzimas e substratos é muito boa porque obriga o aluno a raciocinar sobre os produtos que entram e saem (em cima das plaquetas).
- 2.59 2(1). Os mecanismos das reações e a facilidade na *memorização* das etapas.
- 2.60 . Os mecanismos das reações. A idéia de completar os quadrinhos com enzimas e substratos é muito boa porque obriga o aluno a raciocinar sobre os produtos que entram e saem (em cima das plaquetas).
- 2.61 3. Poderíamos ter outras atividades neste programa. Como cadeia respiratória ou outros temas do programa.
- 2.62 2(1). *Visualização* clara e completa do C.K.
- 2.63 2(1). É possível com o DMDV, *memorizar* o ciclo com suas enzimas, substratos, balanço energético na seqüência correta.
- 2.64 2(1) Ajuda o aluno a *memorizar* os passos do ciclo, testando seus conhecimentos.
- 2.65 3. Poderíamos ter outras atividades neste programa. Como cadeia respiratória ou outros temas do programa.
- 2.66 2(1) É possível através do DMDV *memorizar* o ciclo com suas enzimas, substratos balanço energético na seqüência correta.
- 2.67 2(1) Ajuda o aluno a *memorizar* os passos do ciclo testando seus conhecimentos.
- 2.68 2 A fixação do ciclo como um todo.
- 2.69 2 O DMDV nos passa uma visão das reações como um todo.
- 2.70 Não respondeu.
- 2.71 2(1) A *memorização* dos nomes das enzimas e outros compostos.
- 2.72 Não respondeu.
- 2.73 Aprende mais sobre os fatores que influenciam o ciclo de krebs.
- 2.74 A familiarização com a seqüência de reações dos ciclos.
- 2.75 Todas.
- 2.76 2 O funcionamento do ciclo.
- 2.77 Não respondeu.
- 2.78 2 Seqüências de reações, balancete energético, controle, relações nas analeróticas, inibição e papel das vitaminas no ciclo de krebs.
- 2.79 2 A fixação do exercício usando forma lógica.
- 2.80 2 O caminho correto das reações do metabólico, os diferentes compostos que o formam e as principais idéias que devem ser assimiladas durante o ensino dessa matéria de Bioquímica.
- 2.81 Não respondeu.
- 2.82 Não respondeu
- 2.83 Não respondeu

Respostas da terceira pergunta:

3.1.4 O que poderia melhorar: uma maior disponibilidade de testes de múltipla escolha com comentários da resposta certa. Acho que as respostas das questões das seqüências de reações podiam estar disponíveis para esclarecer nossas dúvidas. Também podia ter correção dos testes de múltipla escolha.

3.2.4 Poderíamos ter uma aula na informática depois de ter a aula teórica, para que tenhamos uma visão geral das rotas e também nos familiarizarmos com a rotas, já que não é muito fácil. Mais testes, mais ciclos e alguns vídeos explicando o funcionamento das reações.

3.3.4 o *software* é bom.. mas eu gostaria de poder utilizar em casa, por isso seria mais interessante, no meu ponto de vista, se ele estivesse disponível via web, não necessariamente para download, mas para uso via web. Por exemplo em Flash, que permite uma interface agradável e compatível com a internet!

3.4.4 (1) *Devemos continuar com esse tipo de trabalho, uma vez que auxilia nas aulas teóricas.* O acesso na biblioteca também é muito válido. *Podemos assim estudar e aproveitar o *software* fora das aulas.*

3.5 –

3.6.4 (1) *Iniciar esta atividade concomitantemente com as aulas teóricas fim de melhorar o assimilação do conteúdo abordado em sala de aula.*

3.7.4 A inclusão de mais atividades interativas como os jogos e seqüências de reações, pois elas nos obrigam a raciocinar e aplicar nossos conhecimentos, ao invés de restringirmos a leituras cansativas .

3.8.4 Uma sugestão minha seria a de quando estamos montando as rotas, no momento em que erramos alguma parte do jogo, abrir um pequeno quadro explicativo, com a explicação daquela parte que erramos. Outra sugestão seria de termos a opção de impressão das rotas que foram feitas no jogo. Também acho que poderia haver um simulado geral, envolvendo todas as rotas.

Ah, outra SUGESTÃO: que os mapas pudessem ser visualizados inteiros na tela, sem precisarmos "arrastá-los" para o lado ou para cima.

3.9.4 (1) Só lamento por o programa não estar disponível na internet. *Seria mais útil e cômodo se pudéssemos acessa-lo em casa, nos auxiliando nos estudos. É uma forma de testar se realmente a matéria foi fixada por nós.*

3.10 -

3.11.4 Deveria ser melhorado com mais questões objetivas, pois o resto esta ótimo.

3.12 -

3.13 Espero que continue esse tipo de atividade.

3.14.4 A disponibilização do *software* para ser utilizado em casa

3. 15.4 Poderia haver uma maneira de adquirirmos o programa para podermos uso do mesmo em casa, pois aqui na faculdade os computadores são muito lentos.

3.16.4 Colocar barra lateral ao invés de flechas para selecionar os quadrados

3.17.4 Espera-se que se possa aproveitar ao máximo o jogo e que as alterações sugeridas sejam efetuadas. (acrescentar alguns tópicos e revisar outros, visto que, em alguns pontos, há peças faltando ou em excesso).

3.18.4 Sugiro que os testes sejam organizados de forma que as respostas não venham sempre na mesma ordem. As perguntas repetem-se infinitamente... Logo poderá ter alguma que não vimos ou alguma que vimos tantas vezes que já sabemos a respostas de cor (fosfofrutoquinase....)

Mas creio que outras só poderão ser possíveis quando estiver pronto.

- 3.19 Eu acredito que esse tipo de atividade é extremamente válido e cada vez mais deve-se buscar o aperfeiçoamento desse tipo de atividade.
- 3.20
- 3.21 Não possuo sugestões, pois acredito que a atividade está muito boa.
- 3.22.4 Continuar intercalando momentos de aula com aulas na informática
- 3.23 - não respondeu
- 3.24 Não tenho sugestões para dar
- 3.25 - não respondeu.
- 3.26.4 Além dos textos de ajuda, deveria possuir breves explicações de pontos importantes durante a seqüência de reações. O programa DMDV deveria estar disponível aos alunos, através de acesso via internet, podendo assim ser acessado em suas residências.
- 3.27.4 Evitar a repetição de perguntas de múltipla escolha.
- 3.28 não respondeu.
- 3.29. não respondeu
- 3.30.4 Facilitar a busca de informações durante o jogo para esclarecer dúvidas dos alunos.
- 3.31 3. Que seja possível voltar a questão anterior uma equivocada quando se faz os testes.
- 3.32. 3 Que após se responda que é feita, ou depois que se consulte no livro apareça a respostas para que o aluno possa saber se realmente entendeu o funcionamento do ciclo.
- 3.33. 4 Poderia ter som! Perguntas poderiam ser de múltipla escolha tornando desnecessária a “posterior avaliação”.
- 3.34. 3 Diminui as perguntas pois quebra um pouco a seqüencia do jogo.
- 3.35. 3 No DMDV que são feitas perguntas poderiam ter respostas mais claras.
- 3.36. 4 As questões deveriam ser de múltipla escolha para que possamos saber se aceitamos ou não.
- 3.37. Não respondeu.
- 3.38.4 Divulgar mais o programa.
- 3.39.4 As questões podem ser de resposta simples, (1 palavra), para se saber se acertou ou errou ou poderiam ser de múltiplo escolha.
- 3.40. 4 Torna o programa disponível à todos, pois é uma forma muito boa de aprendizado.
- 3.41. **Apenas continuar com o que já está sendo feito, que está muito bom.**
- 3.42. Não respondeu.
- 3.43. 4 Dar acesso aos alunos possuírem este programa.
- 3.44.4 Torna o programa disponível a todos os alunos.
- 3.45.4 Torna o programa disponível a todos.
- 3.46.4 Ser disponibilizados para os alunos os softwear para podermos utilizar em casa durante os estudos.
- 3.47.3 Tópicos de explicação para os componentes; Dicas nas reações.
- 3.48.4 Colocar na página da disciplina para que todos possam ter acesso.
- 3.49. 4 Colocar na página da Bioquímica na Internet.
- 3.50. 4 Mais aulas laboratoriais como esta, disponibilização do jogo e extensão deste programa para outras áreas.
- 3.51.4 Maior disponibilidade de uso.

- 3.52.4 (3) Ser disponibilizado para os alunos além da universidade; Quando solicitada a resposta, que ela seja corrigida na hora.
- 3.53.4 Que seja apresentada ao final das aulas da área referente ao conteúdo. Acharmos excelente para testarmos os conhecimentos, e corrigirmos possíveis detalhes não compreendidos, através dos textos complementares do programa.
- 3.54.4 Esse tipo de virtualidade deve ser aplicada a outras partes da Bioquímica.
- 3.55.3 Algumas explicações escritas poderiam auxiliar.
- 3.56.4 Que cada vez mais se busque esse tipo de atividade.
- 3.57.3 Em outros tópicos da matéria, disponibilizar programas interativos semelhantes a esse. Disponíveis para consulta extra-classe.
- 3.58. 3 Outros tópicos da Bioquímica. Muitos recursos visuais.
- 3.59. 3 Outros tópicos da Bioquímica com o mesmo modelo da atividade.
- 3.60. 4 Poderíamos ter outras atividades neste programa, como cadeia respiratória ou outros temas do programa.
- 3.61. Outros tópicos da Bioquímica com o mesmo modelo da atividade.
- 3.62. 4 Professores mostrarem esses programas aos alunos em sala de aula, para torná-los mais interessante.
- 3.63. Não respondeu
- 3.64. Não respondeu
- 3.65. Não respondeu
- 3.66 Não respondeu
- 3.67. Não respondeu
- 3.68 As aulas mais interativas e menos expositivas.
- 3.69 3 Mais aulas com o DMDV com menos informação, trabalhar o programa por partes.
- 3.70 Não respondeu.
- 3.71.3 Diminuição de perguntas dissertativas e uma roupagem voltada para a parte ambiental.
- 3.72 Não respondeu.
- 3.73.4 Mais tempo para estudar melhor e aprender melhor o ciclo de krebs.
- 3.74 Não respondeu.
- 3.75 Já está bom assim.
- 3.76 Não respondeu.
- 3.77 Não respondeu.
- 3.78.3 Que essas atividades em multimídia sejam mais freqüentes.
- 3.79.3 Toda a matéria aprendida em classe poderia também ter um trabalho de fixação de alguma forma dinâmica. O aprendizado dessa forma seria para a vida toda e não só quando se estuda para uma prova e se esquece de tudo no mês seguinte.
- 3.80.4 As idéias dos vários avaliadores do programa, juntamente com as minhas, devem ser avaliadas e as sugestões mais interessantes devem ser levadas em conta.
- 3.81 Não respondeu.
- 3.82 Não respondeu
- 3.83 Não respondeu

ANEXO 11

CD- Rom

O CD Rom que acompanha esta tese contém:

1. O programa de instalação do software DMDV- Ciclo de krebs
2. Os arquivos com os mapas conceituais digitalizados de todos os alunos que participaram das experiências relatadas.
3. Fotos da apresentação do software.
4. Fotos dos alunos utilizando o software em 13 e 14 de maio de 2003.
5. Fotos dos alunos utilizando o software em maio de 2005.
6. Vídeo dos alunos durante as aulas no laboratório de informática, utilizando o software em 2003
7. Vídeo dos alunos durante as aulas no laboratório de informática, utilizando o software em 2005.
8. Arquivo com os registros das atividades desenvolvidas por um aluno do curso de Farmácia da UFRGS no software e-Metabolismo: Glicídios.
9. Arquivo com os registros das atividades desenvolvidas pelos alunos do curso de Biomedicina da FFFCMPA no software e-Metabolismo: Glicídios.