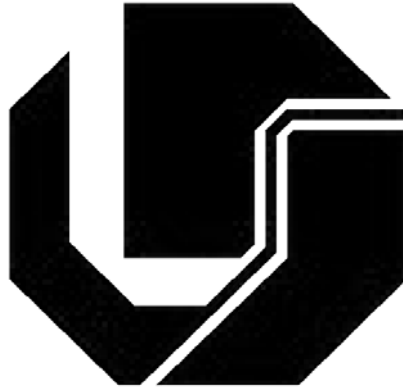


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



BioLabVirtual, Ferramenta de apoio
pedagógico ao ensino de Neurociências

Graziany Thiago Fonseca

Agosto
2008

BioLabVirtual, Ferramenta de apoio pedagógico ao ensino de Neurociências

Graziany Thiago Fonseca

Texto da dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Prof. João Batista Destro Filho, Dr.
Orientador

Prof. Darizon Alves de Andrade, Ph.D.
Coordenador do curso de Pós-Graduação

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

BioLabVirtual, Ferramenta de apoio pedagógico ao ensino de Neurociências

Graziany Thiago Fonseca

Texto da dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, perante a banca de examinadores abaixo, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Banca Examinadora:

Prof. João Batista Destro Filho, Dr. - Orientador (FEELT/UFU)

Prof. Fábio de Oliveira, Dr. (ICBIM/UFU)

Prof. Keiji Yamanaka, PhD. (FEELT/UFU)

Prof. Luiz Otavio Murta Junior, Dr. (USP/SP)

Prof. Rodrigo Varejão Andreão, Dr. (CEFET/ES)

*Agradeço primeiramente a Deus, por realizar os meus sonhos.
Aline, minha esposa companheira em todas as horas.
Agradeço ao professor Destro, que me orientou com tanta sabedoria e paciência.
Aos professores que cooperaram com este trabalho,
Professores Fábio, Rogério e Gilmar.
Aos professores do BioLab,
Alcimar, Adriano Alves, Adriano Andrade e Eduardo pelo incentivo.
Aos amigos que cederam seus trabalhos para enriquecer este, Samuel e Silone.
Aos membros desta banca que aceitaram o convite
e abrilhantaram o trabalho com suas sugestões,
Professores Keiji, Fábio, Rodrigo e Luiz Otávio.
Aos amigos do laboratório, Alan, Ângela, Ailton, Guilherme(s), Bruno(s),
Edgar, Veríssimo, Tarcisio, Maria Fernanda, Kelina, Lílian, Geovani, Eder,
Rodrigo, Tatiane, Priscila, Camila.
Aos meus pais, irmãos, tios, amigos, pastores, Igreja, pelas suas orações.
Meus agradecimentos,
A todos que colaboraram diretamente e indiretamente e não foram citados.
Esta não é apenas uma conquista minha,
mas sim de todos vocês, por tudo que fizeram por mim.
Obrigado!*

*“No ano 3000 os homens já vão ter
se cansado das máquinas
e as casas serão novamente românticas.*

*O tempo vai ser usado sem pressa:
gerânios enfeitarão as janelas,
amigos escreverão longas cartas.*

*Cientistas inventarão novamente
o bonde, a charrete.*

*Pianos de cauda encherão as tardes de música
e a Terra flutuará no céu
muito mais leve, muito mais leve”.*

Poetisa Roseana Kligerman Murray

Resumo

Este trabalho apresenta uma abordagem alternativa ao ensino convencional, através da proposta, implementação e teste abrangente de um sistema *online* para educação à distância interdisciplinar em Neurociências, focalizando a Neuroanatomia e a Neurofisiologia celular. Este sistema apresenta arquitetura simples, usando configurações comuns de software e hardware, possibilitando conexão de alta velocidade e recursos antivírus. O material didático disponibilizado envolve animações, aulas interativas, desenhos esquemáticos, fotografias de peças anatômicas reais e textos, os quais incluem conexão explícita entre anatomia e patologias. O desenvolvimento do sistema exigiu levar em conta dificuldades relatadas em um levantamento estatístico sobre a acessibilidade da *Internet* por parte de estudantes de graduação locais. A tese propôs uma metodologia estruturada de avaliação da proposta, abordando aspectos pedagógicos e informáticos, conforme as normas IEEE, valendo-se de questionários formais, monitoramento remoto e de observação direta. Avaliações realizadas durante o período de um ano em 136 estudantes de graduação da UFU, provenientes de 5 cursos diferentes (Biologia, Biomedicina, Engenharia Biomédica, Medicina e Medicina Veterinária) apontam, em média, uma aprovação geral das multimídias como instrumentos pedagogicamente eficazes por 75% dos estudantes, este últimos considerando de forma unânime que a presença de um tutor é fundamental para o sucesso da proposta pedagógica.

Palavras-chaves: Ensino à distância, Neurociências, Neuroanatomia, avaliação;

Abstract

This thesis develops an alternative approach for interdisciplinary education, based on the proposition, implementation and evaluation of an online distance-learning system devoted to Neuroscience, focused on Neuroanatomy and on Cellular Neurophysiology. This system makes use of simple and common hardware/software configurations, thus enabling high-speed connections, as well as antivirus resources. The pedagogical materials involve animations, interactive classes, photos of real anatomic parts, and texts which provide explicit connections between anatomy and pathologies. The system development considers difficulties pointed out by local undergraduate students, based on a poll carried out in order to assess Internet use in our university. The thesis proposes a rigorous methodology for the evaluation of such system, including both pedagogical and informatic issues, according to IEEE regulations, by means of formal inquiries, remote monitoring and direct observation. Evaluations were carried out during one year on 136 local undergraduate students, including five different backgrounds (Biology, Biomedicine, Biomedical Engineering, Medicine and Veterinary). Results point out that, in average, at least 75% of students consider the system very important for efficient learning, as well as the need of a tutor in order to lead such pedagogical approach based on distance-learning.

Keywords: E-learning, Neuroscience, Neuroanatomy, Evaluation;

Índice:

LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	14
1.2 NOVOS PARADIGMAS EDUCACIONAIS	16
1.3 JUSTIFICATIVA DO TEMA	17
1.4 OBJETIVOS E VISÃO GERAL DA TESE	18
1.5 HISTÓRICO E CONTRIBUIÇÕES DA TESE	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
2. ENSINO A DISTÂNCIA.....	23
2.1 INTRODUÇÃO	23
2.2 RECURSOS COMPUTACIONAIS NO ENSINO	24
2.2.1 <i>Visão Geral</i>	24
2.2.1.1 Vantagens do uso de computadores.....	24
2.2.1.2 Aspectos importantes em softwares educativos.....	25
2.2.2 <i>Informática na Educação</i>	26
2.2.2.1 Breve Histórico	26
2.2.2.2 Aspectos a serem considerados	26
2.2.2.3 Abordagem Tradicional do Ensino.....	30
2.2.2.4 Abordagem Interativa.....	32
Quadro comparativo entre as duas Abordagens	33
2.2.2.6 Limitações e problemas da abordagem interativa.....	34
2.3 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA ENSINO A DISTÂNCIA	35
2.3.1 <i>Introdução</i>	35
2.3.2 <i>Regulamentação da EAD no Brasil</i>	35
2.4 O ENSINO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.....	37
2.4.1 <i>Introdução</i>	37
2.4.2 <i>Recursos computacionais no ensino</i>	38
2.4.2.1 Ensino à distância de Engenharia Biomédica no mundo	39
2.4.2.2 Síntese geral da Tabela 2.4.....	46
2.4.2.2 Ensino a distância na área de saúde no Brasil.....	47
2.4.2.3 Síntese geral da Tabela 2.5	53
2.4.3 <i>Dificuldades enfrentadas no ensino</i>	53
2.5 O ENSINO EM NEUROCIÊNCIAS	54
2.5.1 <i>Introdução</i>	54
2.5.2 <i>Estudo de Caso: Neuroanatomia</i>	55
2.5.2.1 <i>Introdução</i>	55
2.5.2.2 O Ensino de Anatomia através do computador.....	57
2.5.2.3 Síntese geral da Tabela 2.6.....	63
2.5.2.4 Problemas no Ensino de Neuroanatomia	63
2.5.3 <i>Estudo de Caso: Neurofisiologia</i>	64
2.5.3.1 <i>Introdução</i>	64
2.5.3.2 O Ensino Neurofisiológico	65
2.5.3.3 Problemas no Ensino de Neurofisiologia.....	66
2.6 CONCLUSÃO GERAL	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
3. SISTEMA: ASPECTOS PEDAGÓGICOS E INFORMÁTICOS.....	79
3.1 INTRODUÇÃO	79
3.2 METODOLOGIAS DE ENSINO	79
3.2.1 <i>Quadro de Metodologias</i>	79
3.2.2 <i>Metodologias Principais</i>	80
3.2.2.1 Skinner	80
3.2.2.2 Piaget.....	81
3.2.2.3 Ausubel	82

3.3 O USO DA WEB COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM.....	83
3.3.1 Estudo da Acessibilidade à rede Internet.....	83
3.3.2 Discussão geral dos resultados.....	91
3.4 AMBIENTE VIRTUAL DE ENSINO.....	92
3.4.1 Arquitetura do BioLabVirtual.....	92
3.4.2 Modelagem Geral do Conteúdo: Mapas conceituais.....	93
3.4.2.1 Conceitos e uso.....	93
3.4.2.2 Mapa Conceitual do BioLabVirtual.....	94
3.4.3 Etapas do Desenvolvimento.....	95
3.4.3.1 Desenvolvimento do Ambiente Online.....	95
3.4.3.2 Segurança da plataforma e conteúdo.....	96
3.4.3.3 Desenvolvimento das Multimídia de Biofísica.....	96
3.4.3.4 Desenvolvimento do Atlas Neuroanatômico.....	98
3.4.3.5 Desenvolvimento do Neurônio e Sinapse 3D.....	103
3.4.3.6 Ferramentas Adicionais.....	106
3.4 CONCLUSÃO GERAL.....	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
4. AVALIAÇÃO DO SISTEMA.....	115
4.1 INTRODUÇÃO.....	115
4.2 METODOLOGIA.....	116
4.2.1 Métodos de avaliação pesquisados.....	116
4.2.2 Visão Geral da Norma IEEE 829 (IEEE, 1998).....	120
4.2.3 Qualidade de Software.....	121
4.2.4 Método de avaliação utilizado.....	121
4.2.4.1 Multimídia de Biofísica.....	121
4.2.4.2 Atlas de Neuroanatomia.....	123
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	124
4.3.1 Multimídia de Biofísica.....	124
4.3.1.1 Disciplina de Biofísica.....	124
4.3.1.2 Demonstração nas aulas de Biofísica.....	124
4.3.1.3 Observações em sala de aula.....	125
4.3.1.4 Monitoramento automático.....	126
4.3.1.5 Resultados na aplicação do questionário.....	126
4.3.1.6 Problemas encontrados na realização dos testes.....	133
4.3.2 Atlas de Neuroanatomia online.....	136
4.3.2.1 Disciplina de Anatomia Humana.....	136
4.3.2.3 Demonstração nas aulas de Anatomia.....	136
4.3.2.4 Resultados na aplicação do questionário.....	136
4.3.2.5 Problemas citados pelos alunos na avaliação.....	140
4.4 CONCLUSÕES GERAIS.....	141
5. CONCLUSÕES.....	146
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	152
ANEXOS.....	153
APÊNDICE.....	177

Lista de Figuras

<i>Figura 3.1 - Locais de Acesso a Internet.....</i>	84
<i>Figura 3.2 - Acesso a um computador</i>	85
<i>Figura 3.3 - Gráfico da facilidade do uso da Internet</i>	86
<i>Figura 3.4 - Velocidade de Acesso à Internet</i>	87
<i>Figura 3.5 - Freqüência do uso do e-mail</i>	88
<i>Figura 3.6 - Confiança nas informações obtidas na Internet</i>	89
<i>Figura 3.7 - Desmotivação dos alunos no uso da Internet</i>	90
<i>Figura 3.8 - Arquitetura do BioLabVirtual</i>	93
<i>Figura 3.9 - Mapa Conceitual do BioLabVirtual.....</i>	95
<i>Figura 3.10 - Tela inicial do Atlas de Neuroanatomia Humana</i>	100
<i>Figura 3.11 - Face superior do telencéfalo.....</i>	101
<i>Figura 3.12 - Face anterior do Tronco Encefálico</i>	101
<i>Figura 3.13 - Neurônio completo, visão frontal. (SILVA, 2007)</i>	103
<i>Figura 3.14 - Estrutura Nuclear, vista superior. (SILVA, 2007)</i>	104
<i>Figura 3.15 - Transporte de íons, visão frontal com aproximação (zoom). (SILVA, 2007) ..</i>	104
<i>Figura 3.16 - Citoplasma e Mitocôndrias, visão lateral oblíqua (zoom). (SILVA, 2007)</i>	105
<i>Figura 3.17 - Imagem capturada da Sinapse 3D</i>	105
<i>Figura 3.18 - Tarefa Online sobre o efeito das drogas no SNC.</i>	106
<i>Figura 3.19 - Multimídia sobre o Efeito de Cocaína no SNC.....</i>	106
<i>Figura 3.20 - Multimídia sobre o Efeito do Álcool no SNC.....</i>	107
<i>Figura 3.21 - Multimídia sobre o Efeito da Nicotina no SNC e SNP.</i>	107
<i>Figura 3.22 - Multimídia das Funções Gerais do Cérebro.....</i>	108
<i>Figura 3.23 - Multimídia sobre os Neurônios</i>	108
<i>Figura 4.1 - Relação entre níveis, tipos e técnicas de teste</i>	119
<i>Figura 4.2 - Gráfico comparativo questão 13 e questão14 para a Multimídia de Biofísica, onde se avalia a importância do docente no ensino desta disciplina.</i>	132
<i>Figura 4.3 - Gráfico comparativo questão 14 e questão 15 para o Atlas de Neuroanatomia, onde se avalia a importância do docente no ensino desta disciplina.</i>	139

Lista de Tabelas

<i>Tabela 2.1 - Quadro comparativo entre a abordagem tradicional e a interativa para alunos. (SOUZA, 2001)</i>	33
<i>Tabela 2.2 - Quadro comparativo entre a abordagem tradicional e a interativa para docentes. (SOUZA, 2001)</i>	34
<i>Tabela 2.3 - Abordagem tradicional x abordagem interativa para comunicação/recursos (SOUZA, 2001)</i>	34
<i>Tabela 2.4 - Pesquisa de sistemas de ensino à distância no mundo em Eng. Biomédica</i>	40
<i>Tabela 2.5 - Pesquisa de ensino a distância em Saúde no Brasil</i>	48
<i>Tabela 2.6 - Atlas Anatômicos acessados através da Internet</i>	58
<i>Tabela 3.1 - Resumo de Metodologias de Ensino</i>	79
<i>Tabela 3.2 - Quadro Geral de Alunos Entrevistados por Curso</i>	83
<i>Tabela 3.3 - Quadro Médio da Acessibilidade da Internet</i>	84
<i>Tabela 3.4 - Quadro Médio de Acesso a um computador</i>	85
<i>Tabela 3.5 - Quadro Geral da Facilidade do uso da Internet</i>	86
<i>Tabela 3.6 - Quadro Médio de velocidade de Acesso a Internet</i>	86
<i>Tabela 3.7 - Quadro médio da freqüência do uso do e-mail</i>	87
<i>Tabela 3.8 - Quadro médio da confiança nas informações obtidas na Internet</i>	88
<i>Tabela 3.9 - Quadro Geral da confiabilidade nas informações obtidas na Internet</i>	89
<i>Tabela 3.10 - Quadro médio da desmotivação dos alunos</i>	89
<i>Tabela 3.11 - Quadro de desmotivação do uso da Internet</i>	90
<i>Tabela 4.1 - Características da qualidade de software</i>	121
<i>Tabela 4.2 - Dias, horário, local e professores responsáveis pela disciplina de Biofísica</i> ...	124
<i>Tabela 4.3 - Avaliação do Software de Biofísica (Vide Anexo 4)</i>	126
<i>Tabela 4.4 - Índice de concordância da importância da presença do docente durante as aulas com o software</i>	128
<i>Tabela 4.5 - Índice de concordâncias dos três cursos de graduação quanto à importância da presença do docente durante as aulas</i>	129
<i>Tabela 4.6 - Índice de aprovação quanto á utilização do software na disciplina de Biofísica</i>	129
<i>Tabela 4.7 - Segunda avaliação da Multimídia de Biofísica (Vide Anexo 4)</i>	130

<i>Tabela 4.8 - Índice da importância da presença do professor durante as aulas com sistema</i>	132
<i>Tabela 4.9 - Índice de aprovação quanto à utilização da multimídia na disciplina de Biofísica</i>	132
<i>Tabela 4.10 - Índice de aprovação da avaliação do 2º semestre de 2006 com 1º semestre de 2007</i>	133
<i>Tabela 4.11 - Índice da importância da presença do professor nos dois semestres</i>	133
<i>Tabela 4.12 - Avaliação Pós-prova da multimídia de Biofísica (Vide Anexo 5)</i>	134
<i>Tabela 4.13 - Índice de aprovação quanto à utilização da multimídia na disciplina de Biofísica</i>	135
<i>Tabela 4.14 - Índice de aprovação da avaliação do 2º semestre de 2006 com 1º semestre de 2007</i>	135
<i>Tabela 4.15 - Índice da importância da presença do professor nos dois semestres</i>	136
<i>Tabela 4.16 - Avaliação do Atlas de Neuroanatomia (Vide Anexo 6)</i>	137
<i>Tabela 4.17 - Índice de concordância da importância da presença do professor durante o uso do Atlas</i>	139
<i>Tabela 4.18 - Índice de aprovação quanto à utilização do Atlas de Neuroanatomia</i>	140

Lista de Abreviaturas e Símbolos

AVC

CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior

DOC Formato do editor de texto da *Office*

EAD Educação à distância

EMITEL Enciclopédia para tecnologia de Imagens médicas

EMITEL Enciclopédia para tecnologia de Imagens médicas

E-HECE Experiência em EAD para educação de Engenharia Biomédica

EVICAB Campus virtual europeu para Engenharia Biomédica

FEELT Faculdade de Engenharia Elétrica

HTTP Protocolo de Transferência de Hipertextos

ICBIM Instituto de Ciências Biomédicas

IEEE Instituto Elétrico e de Engenheiros Elétricos

JPEG Arquivos de imagem padrão bitmap comprimido

MEC Ministério da Educação

MYSQL Sistema de gerenciamento de banco de dados

PDF Formato de documentos portáteis

PHP Pré-processador de Hipertexto

SQL Linguagem de Consulta Estruturada

UFU Universidade Federal de Uberlândia

UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do sul

UFRJ Universidade Federal do Rio de Janeiro

UNICAMP Universidade de Campinas

URL Atalho para site na Internet

USP Universidade de São Paulo

1. Introdução

Vive-se hoje na plenitude da era da informação, cuja atualização influencia a sobrevivência humana. A velocidade de acumulação do conhecimento está aumentando de forma vertiginosa em quase todas as atividades humanas. Com a *Internet*, a gigantesca rede de computadores do planeta, houve uma aceleração ainda maior na curva do conhecimento. (CARDOSO, 1998b)

Na área médica e científica, a *Internet* tem figurado como um ambiente essencial, não somente para difusão da informação, mas também para a cooperação entre instituições. Ela tem permitido ao profissional desta área pensar e agir a nível global, e gerar com maior eficiência e rapidez produtos de valor para a comunidade. (CARDOSO, 1998b)

A educação em Engenharia Biomédica é relativamente nova quando comparado com as disciplinas de engenharias clássicas. O primeiro programa em nível de Doutorado foi iniciado em 1950. Por exemplo, em 1981, nos EUA, mais de 100 escolas de Engenharia possuíam programas de pós-graduação na área, enquanto que existiam 71 programas de graduação em Engenharia Biomédica (POTVIN, LONG *et al.*, 1981). Já no Brasil hoje existem aproximadamente 10 faculdades que oferecem o curso nas instituições federais.

Em termos da Neurociência, um fenômeno ocorre no campo da difusão da informação. Médicos, biólogos e cientistas, na qualidade de executores e produtores de informações, têm contribuído para a educação de pacientes e estudantes nas neurociências básicas e clínicas. Exemplos disso são os livros e revistas on-line (como, por exemplo, o *Journal of Neuroscience*, para trabalhos de pesquisa), e as denominadas "comunidades virtuais de ensino", como o *Hospital Virtual* americano (e seu correspondente brasileiro, o HVB), as quais contém grande volume de informação científica disponíveis gratuitamente para todos os interessados (HEINZEN, R. P. S., 2004). Imensos e bem organizados bancos de imagens, como o *The Whole Brain Atlas* (JOHNSON e BECKER, 2008), e de neuropatologia, como o *WebPath* (KLATT, 2008), dão acesso a um mundo inimaginável de informação visual, a qual seria impossível antes da existência da *Internet*. Existem inclusive "cursos virtuais" completos em Neurociências, como o *Neurosciences Tutorial* da Universidade de *Washington* em *Saint Louis*, no qual os estudantes podem realizá-lo inteiramente através da *Internet*. (CARDOSO, 1998b)

Por outro lado, particularmente no contexto neurocientífico, a Anatomia Humana é uma das ciências básicas para o ensino de Medicina. Na Neuroanatomia, especificamente,

hoje em dia, tempo e recursos são bastante escassos para a aprendizagem. Os professores têm o desafio de apresentar o conhecimento neuroanatômico em forma concisa e atraente, evidenciando a importância clínica e utilidade prática.

Para responder a tais desafios, diversos ambientes virtuais via web já foram implementados, para aplicação em disciplinas morfológicas, nos cursos das áreas médicas e biomédicas, com especial atenção à Neuroanatomia. Todavia, tais sistemas de multimídia disponíveis no mercado são de difícil acesso aos alunos e professores, pelo alto custo (BRYAN, 2001), incompatibilidade de material técnico, e por serem editados em diferentes idiomas. Deve-se destacar que, na última década, um grande número de CD-ROMs foram publicados para a educação biomédica. Mesmo computadorizados, tais mídias ainda seguem o velho paradigma dos textos impressos ou páginas combinadas com figuras. (ARKHURST, POMMERT *et al.*, 2001)

Para (INZUNZA e BRAVO, 2002), o uso de recursos computacionais para o ensino da Anatomia implica duas exigências fundamentais: primeiro, apresentar a informação gráfica na forma mais próxima para a realidade que o estudante enfrentará; segundo, propiciar ao estudante situações reais nas quais o reconhecimento prático dos elementos anatômicos é necessário para interpretar um fenômeno biológico ou para levar a uma diagnose e estabelecer uma ação terapêutica.

Deste modo, apesar dos esforços já realizados em diversas instituições brasileiras, como por exemplo a UNICAMP, que já desenvolveu o sistema MEDTEST, voltado para a autoria de simulações e tutoriais na área médica; a USP, a UFRGS, a UFRJ e a Escola Paulista de Medicina, a disponibilidade deste tipo de material didático é relativamente pequena. Os estudantes focam seus estudos em livros texto (VILLELA.G.F, 1993), cuja grande maioria está escrita em idioma inglês. Neste contexto, destaca-se uma iniciativa financiada pela FAPESP, foi criado em 2001 e recebeu o nome de TIDIA (Programa de Tecnologia da Informação no desenvolvimento da Internet Avançada) (URL 1). Este projeto tinha o propósito de incentivar a pesquisa científica e tecnológica em projetos cooperativos relacionados ao estudo e desenvolvimento de redes experimentais de alta velocidade, permitindo a integração de laboratórios geograficamente distribuídos.

1.2 Novos paradigmas educacionais

A quebra de paradigmas encontra obstáculos difíceis de serem transpostos, criando barreiras a tudo o que é novo, principalmente em se tratando de educação, subestimando-o em detrimento das práticas antigas já adotadas, por parecerem mais eficientes. É necessário ter ousadia e perseverança quando se pretende mudar, começando por conhecer as novas práticas.

Diante das rápidas transformações, é necessária uma constante reconsideração dos métodos de produção e organização, os quais, por sua vez, requerem mudanças adaptativas aos indivíduos, levando-os a buscar o desenvolvimento de novas habilidades que lhes permitam adquirir uma visão mais acurada dos problemas, dos métodos de solução e da constante avaliação dos objetivos.

A Educação tem uma responsabilidade muito grande nessa empreitada, pois cuida da formação do indivíduo. As discussões sobre o ensino superior são circundadas por questões sobre se ele realmente “forma” profissionais qualificados para o mercado globalizado, pois o cenário atual registrou um descompasso entre o setor produtivo, o mercado de trabalho, a sociedade e a educação, visto o grande número de recém-formados na graduação não absorvidos pelo mercado de trabalho. Este registro foi feito por (PASTORE, 2006) em uma de suas reportagens realizada de junho até agosto de 2006, onde declarou que meio milhão de jovens se formou e somente a metade conseguirá uma vaga de qualidade.

Não se pode ter em mente que as inovações tecnológicas e a Educação à Distância irão substituir o modelo atual de ensino. Compartilha-se nesse trabalho das sábias palavras publicadas pelos responsáveis pela Universidade Nacional de Educação à Distância (UNED) (1975), citadas abaixo:

“Esta Universidade não rompe com a universidade tradicional, nem pretende substituí-la. A universidade à distância supõe uma verdadeira renovação metodológica no campo de ensino universitário, ao mesmo tempo em que constitui um evidente reforço do sistema educativo tradicional” (ALMEIDA, 2002)

Se a tecnologia é para "servir às necessidades do homem", as inovações tecnológicas devem ser pensadas como "sistemas homem-máquina", em vez de puramente "máquinas". No contexto específico da educação, as tendências tecnológicas possibilitam a criação de métodos e ferramentas para a Educação à Distância, ou seja, novas "máquinas" para servirem aos novos homens.

1.3 Justificativa do Tema

A implementação de um sistema informático para objetivos pedagógicos apresenta as seguintes vantagens:

- Reduz as barreiras tempo/espço/idade;
- Permite programas de capacitação de recursos humanos, reciclagem de mão-de-obra e aperfeiçoamento individual;
- Facilita e modifica o processo de aprendizagem, ampliando os canais de comunicação e interação computacional;
- Flexibilidade: maior flexibilidade para determinar o tempo e o horário que vão dedicar ao ensino ou à aprendizagem;

Algumas desvantagens:

- Não alcançar o objetivo da socialização, pelas escassas ocasiões para interação dos alunos com o docente e entre si;
- Empobrecimento da troca direta de experiências proporcionada pela relação educativa pessoal entre professor e aluno;
- O perigo da homogeneidade dos materiais instrucionais - todos aprendem o mesmo, por um só pacote institucional.

Em dezembro de 2005 a página *web* do MEC apresentava 118 Instituições de Ensino superior autorizadas a oferecer cursos de graduação, seqüenciais e de lato-sensu. Algumas também ofereciam cursos tecnológicos à distância. Houve um forte crescimento nos últimos três anos. O maior número de instituições credenciadas para atuar à distância está no grupo das universidades (76), representando 43,6% do total. Dos 110 centros universitários existentes, somente 15 estão aptos a funcionar com metodologia de EAD, o que equivale a 13,63%. Por fim, das 2.036 faculdades (isoladas, integradas, centros de ensino superior de outras denominações), apenas 37 estão autorizadas, o que equivale a somente 1,81%.

Atualmente todas as Universidades Federais estão autorizadas, ao menos em caráter experimental, por dois anos, para atuar em Educação a Distância superior, por autorização do

Ministério da Educação, através da Portaria nº 873, publicada no Diário Oficial da União de 11/04/2006.

Predominam os cursos de formação de professores, principalmente na graduação. Segundo o MEC, atualmente, a mídia impressa predomina em todos os tipos de ensino oferecidos à distância (RICHE, 2005): 81,3% das instituições com credenciamento federal, que oferecem cursos de nível superior, utilizam o papel, contra 73,4% da EAD. Já as instituições com autorização em âmbito estadual, com cursos de educação básica e técnica, utilizam a mídia impressa em 93,9% dos casos, ante 39,4% do Ensino à distância.

1.4 Objetivos e visão geral da tese

Fazendo uso de novas metodologias educacionais para o ensino nas áreas relacionadas à Neurociência, este trabalho apresenta como objetivo geral implantar um ambiente educacional baseado na *web*, denominado BioLabVirtual, ou seja, um sistema que permite o aprendizado prático das estruturas cerebrais e dos principais processos neurofisiológicos. Buscam-se novas abordagens para o ensino de alunos de graduação dos cursos das Ciências da Saúde, Humanas, Biológicas e Engenharia Biomédica.

O conteúdo desta ferramenta é restrito às disciplinas de Neuroanatomia e Biofísica, porém com uma linguagem simples e genérica, tendo por objetivo a educação interdisciplinar.

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos.

O Capítulo 2 discute o Ensino à distância em Engenharia Biomédica e em Neurociências, com particular enfoque na Neuroanatomia no Brasil e no mundo. Através de uma extensiva pesquisa bibliográfica, o estado-da-arte e os principais recursos informáticos são discutidos e apresentados, detectando-se os principais problemas e desafios.

O Capítulo 3 inicia discutindo as principais metodologias de ensino, além de sintetizar um estudo realizado na UFU sobre o uso da rede *Internet* por estudantes de graduação de diversas áreas, considerando acessibilidade, usabilidade, recursos didáticos, avaliações, fatores de motivação e fatores relacionados à aprendizagem. Por fim, apresenta-se o projeto do ambiente construído, sua modelagem, etapas de desenvolvimento, metodologias usadas e diversos recursos disponibilizados.

No Capítulo 4 discutem-se as bases conceituais para a avaliação do sistema, realizada tanto em termos pedagógicos como informáticos. Discute-se também a concretização dos testes, as metodologias utilizadas e os resultados.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho e perspectivas futuras.

1.5 Histórico e contribuições da tese

O autor deste trabalho desenvolveu toda infraestrutura do BioLabVirtual, criando novos módulos e usando recursos disponíveis gratuitamente com licenças de software livre, estes foram modificados e enriquecidos. A multimídia de Biofísica foi desenvolvida pelo Aluno Samuel Leite do curso de Ciências Biológicas da UFU, sendo reformulada e particionada em arquivos de web pelo autor da tese. O Atlas de Neuroanatomia existia em uma versão aplicativo, realizado por alunos de Iniciação Científica e pós-graduação. A nova versão foi desenvolvida pelo autor deste trabalho, usando a ferramenta FLASH CS3. Todas as outras multimídias foram desenvolvidas pelo autor em diversos trabalhos, incluindo Iniciação Científica em sua graduação. Finalmente o Neurônio 3D foi desenvolvido pelo aluno Silone Silva em seu trabalho de mestrado e a Sinapse 3D implementado pelo autor como demonstração de realidade virtual para ensino de Neurofisiologia.

As contribuições da tese são:

- a) Revisão conceitual geral sobre EAD, incluindo legislação brasileira;
- b) Pesquisa bibliográfica aprofundada sobre EAD e iniciativas pedagógicas envolvendo a informática, voltadas para a Engenharia Biomédica, Saúde e Neuroanatomia;
- c) Levantamento estatístico a respeito do uso da *Internet* por parte de estudantes de graduação da UFU, de cinco cursos diferentes;
- d) Proposta e implementação de um pacote de multimídias para ensino de Neurociências, que possibilita auxílio considerável aos professores afins, incluindo um sistema *online* para gerenciamento deste conteúdo, podendo o próprio professor adicionar novas funcionalidades. Tal sistema leva explicitamente em conta os desafios relatados na literatura e os problemas locais levantados pelos próprios estudantes de graduação, exigindo configurações comuns de *hardware/software*.
- e) Proposta de um metodologia estruturada de testes extensivos do sistema desenvolvido, tanto em termos da eficiência pedagógica, quanto relativamente aos aspectos

informáticos, seguindo os padrões de qualidade do IEEE, envolvendo uma grande quantidade de estudantes, originários de formações diferentes.

Deve-se destacar que o sistema implementado trará benefícios diretos às instituições de ensino biomédico, aos alunos dos cursos de Engenharia Biomédica, Medicina, Odontologia, Ciências Biológicas, Enfermagem, Psicologia, Bioquímica, Biomedicina, Educação Física, Nutrição, Fisioterapia. Este sistema propicia materiais pedagógicos interdisciplinares, incluindo neuroanatomia (Atlas Virtual) e neurofisiologia; com a visualização estrutural de um neurônio construído em três dimensões, processo de sinapse com aparência realística, integrando realidade virtual e ambientes interativos. Para a Neuroanatomia, em particular, do ponto de vista social, a nova ferramenta proporciona uma importante redução de custos no processo de ensino e na confecção de material didático, minimizando a utilização e a dependência de peças humanas, possibilitando a um maior contingente de alunos acesso fácil às informações que até então estavam disponíveis em livros técnicos.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. A. F. **Hipertômatos na Computação aplicada à Educação.** (Tese de doutorado). Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina,, Florianópolis, 2002. 200 p.

ARKHURST, W., A. POMMERT, *et al.* A Virtual Reality Training System for Pediatric Sonography. **International congress Series**, v.1230, n.8, p. 483-487. 2001

BRYAN, J. S., D; WIET,G; SESSANNA,D. . **Virtual Temporal Bone Dissection: A Case Study.** Proceeding of Conference on Visualization. San Diego: Sessão C6: Virtual Reality, 2001.

CARDOSO, S. H. Internet e as Neurociências. **Revista Informática Médica**, v.01, n.03, p. 5-8. 1998

HEINZEN, R. P. S. **Uma Proposta de Modelo de Ambiente Virtual Para a Aprendizagem de Neuroanatomia.** (Tese de Doutorado). Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. 140 p.

INZUNZA, O. e H. BRAVO. Animación Computacional de Fotografías, un real aporte al aprendizaje práctico de Anatomia Humana. **Revista Chilena de anatomia**, v.20, n.2, p. 151-157. 2002

JOHNSON, K. A. e J. A. BECKER **The Whole Brain Atlas** Disponível em: <<http://www.med.harvard.edu/AANLIB/home.html>>. Acessado em: 7 de Julho de 2008.

KLATT, E. C. **The Internet Pathology Laboratory for Medical Education** Disponível em: <<http://library.med.utah.edu/WebPath/webpath.html>>. Acessado em: 7 de julho de 2008.

PASTORE, J. **O desemprego dos jovens.** Disponível em: <http://www.josepastore.com.br/artigos/em/em_034.htm>. Acessado em: 27 Mar. de 2006.

POTVIN, A. R., F. M. LONG, *et al.* Biomedical Engineering Education: Enrollment, Courses, Degrees, and Employment. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v.28, n.1, p. 22-28. 1981

RICHE, G. C. **Análise do perfil de graduandos em odontologia como diretriz para construção de CD-ROM educacional.** (Tese de Mestrado). Universidade Federal do Fluminense, 2005. 219 p.

URL 1: **Página oficial do Projeto TIDIA da FAPESP.** Disponível em: <<http://www.tidia.fapesp.br/portal>>. Acessado em: 20 Julho de 2008.

VILLELA.G.F. Usando o computador no ensino médico. **Revista Informédica**, v.1, n.1, p. 5-11. 1993

2. Ensino a distância

2.1 Introdução

Atualmente a ligação entre o ensino e o computador pode ser vista em um contínuo de facetas, indo desde o uso do computador em ambientes de ensino-aprendizagem para facilitar diversas tarefas usuais, até o fato de o computador tornar parte ativa e total no processo (ALMEIDA, 2002a).

A humanidade se encontra cada vez mais inserida num mundo cujo funcionamento pressupõe o acesso rápido à informação. A rotina diária do homem contemporâneo não deixa muitas dúvidas sobre essa afirmativa. A presença dos inventos tecnológicos neste cenário, notadamente aqueles que interligam os indivíduos em redes de comunicação globais, exige uma reflexão sobre a natureza dos novos problemas colocados à coletividade humana (VIEIRA, 2001).

O computador talvez seja a ferramenta mais interessante que o ser humano já construiu para contribuir na ampliação de suas capacidades intelectuais, e cuja vocação consiste no armazenamento e manipulação de informação. Não é de se estranhar, portanto, que desde os primeiros dias dos computadores, tenha aparecido um grande interesse no uso dessas máquinas no ensino. (ALMEIDA, 2002)

A tecnologia tem impulsionado transformações culturais, entre estas emerge a necessidade do indivíduo desenvolver habilidades essenciais de cooperação e interação, qualificando os profissionais para atuarem na sociedade contemporânea. (VIEIRA, 2001)

O meio educacional tem mudado constantemente com a presença de tecnologias de informação. Hoje, tornou-se comum a discussão em torno da importância do seu uso por diversos especialistas da área. Cada vez mais se reconhece que o computador pode melhorar a qualidade da educação. (ALMEIDA, 2002)

Surgem no cenário educacional abordagens pedagógicas que suportam uma aproximação personalizada, flexível e centralizada na aprendizagem. Esta aproximação

pedagógica se esforça para facilitar a pesquisa de estudantes e professores, levando à experiências de aprendizagem personalizada (TURKER, GORGUN *et al.*, 2006).

Neste contexto, o ensino à distância está no coração do ensino universitário convencional. Na maioria das universidades, já existem sistemas via *web* que apoiam atividades pedagógicas. Inicialmente, a *Internet* era usada como um repositório de materiais pelos estudantes, apoiando a comunicação de mão única, professor/aluno. Agora, com as possibilidades do Ensino à distância, os sistemas educativos possuem uma série de utilidades gerais, com calendários, notícias, fóruns, bate-papos, avaliações *online* ; incluindo a comunicação assíncrona dos estudantes e entre os estudantes e professores. (RODRÍGUEZ, SICILIA *et al.*, 2006). Para (REISSETTER, LAPOINTE *et al.*, 2007), a aprendizagem à distância envolve mais do que a geografia, pois propicia um contexto ambiental completamente diferente.

2.2 Recursos computacionais no Ensino

2.2.1 Visão Geral

2.2.1.1 Vantagens do uso de computadores

Para (KREUTZ, 2000), as vantagens do uso dos computadores no ensino são:

- O próprio aluno dirige o seu aprendizado;
- A possibilidade de uma avaliação rápida do aluno, verificando seus conhecimentos e sua capacidade para práticas virtuais;
- Uma apresentação interessante de conteúdo aliando texto, gráficos, som e animação;
- A superação dos obstáculos geográficos quando conectado a uma rede de comunicações, permitindo ao aluno aprender em qualquer momento ou lugar;
- A repetição incessante das mesmas práticas de acordo com o seu interesse, até que memorize um determinado assunto;

- Uma formação individualizada por aluno, ou seja, adaptada ao seu ritmo e interesse próprios;

De maneira geral, as principais vantagens na adoção de programas de educação no processo de ensino/aprendizagem, é a possibilidade da individualização do processo de aprendizado, respeitando o ritmo de cada aluno e garantindo a mesma qualidade a todos os alunos que tiverem acesso ao sistema (KREUTZ, 2000).

2.2.1.2 Aspectos importantes em softwares educativos

Para (SOUZA, 2001) precisa-se considerar alguns aspectos indispensáveis em um sistema educativo.

- Disposição de informações de forma clara, objetiva e lógica, facilitando a autonomia do usuário, favorecendo a exploração espontânea;
- Retorno extremamente rápido e objetivo do processo em construção, favorecendo a auto-correção;
- Disposição espacial das informações, que pode ser controlada continuamente até mesmo por uma criança através de seu campo perceptivo visual, apoiando o raciocínio lógico;
- Disponibilização de imagens e textos de forma combinada, ativando os dois hemisférios cerebrais.

Segundo (FRIEDLAND e PAULS, 2005), para se criar um ambiente de ensino, não se deve focar somente o desenvolvimento, mas também as metodologias de ensino nas quais o sistema será desenvolvido. Mini-aplicações educacionais como páginas *web* dinâmicas podem ser usadas com animações em *flash*, ou *applets* de Java para apresentação, como também para treinamento individual pelo estudante em casa, sem restrição de conteúdo ou representação.

Materiais de Ensino à distância devem ser disponibilizados não apenas no formato virtual, mas também como aplicativos para computadores sem acesso à *Internet*, com em CD-ROM ou outro meio (FRIEDLAND e PAULS, 2005).

2.2.2 Informática na Educação

2.2.2.1 Breve Histórico

*O uso das máquinas para Ensinar não é algo recente.
(ALMEIDA, 2002)*

O uso de computadores na educação teve seu início em meados de 1960, afirma (KREUTZ, 2000). Ela surgiu com a conjunção do trabalho de psicólogos e do desenvolvimento de computadores.

Para (KREUTZ, 2000), esta idéia foi usada por Sidney Pressey em 1924, que inventou uma máquina para corrigir testes de múltipla escolha. Isso foi posteriormente melhorado. Skinner, no início de 1950, como professor de Harvard, propôs uma máquina para ensinar usando o conceito de instrução programada. Esta idéia nunca se tornou muito popular pelo fato de ser difícil a produção do material instrucional, os quais não possuíam padronização.

Baseado na teoria Skinneriana, nasceu a Instrução Assistida por Computador (CAI – *Computer Assisted Instruction*), que enfoca as aplicações tutoriais. Este tipo de *software* assume as funções de um tutor, guiando, orientando e acompanhando a evolução do aluno (KREUTZ, 2000).

(KREUTZ, 2000) salienta ainda que os computadores eram ainda muito inacessíveis para as escolas devido ao seu alto custo. Somente as universidades tinham condições de disseminar este recurso educacional.

No Brasil, a história da informática na educação nasceu no início dos anos 70 a partir de algumas experiências na UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e UNICAMP (Universidade de Campinas) (HEINZEN, R. P. S., 2004). Mas foi a década de 80 que se caracterizou pela produção de conhecimento técnico-científico na área, mediante o desenvolvimento de experimentos-piloto em universidades brasileiras e implantação de centros de informática educativa junto aos diversos sistemas de educação do país, o que permitiu a criação de uma sólida base teórica nacional fundamentada na realidade da escola pública brasileira.

2.2.2.2 Aspectos a serem considerados

Segundo (MATTEI, 2001), para que a educação utilize a informática de maneira qualitativa, é imprescindível que se articule quatro aspectos: o computador, o sistema educativo, o professor e o aluno.

a) O Computador

Segundo (PASSERINO, 2001), o computador é uma ferramenta única na história da humanidade, pois sua principal função reside na flexibilidade e capacidade de processamento. Flexibilidade para o tratamento da informação de qualquer tipo, desde dados astronômicos até financeiros; e capacidade com relação, por um lado, à quantidade de informação que pode processar, e por outro lado, com o tempo / espaço necessários para tal fim.

O computador pode ser usado como um instrumento que auxilia na construção do conhecimento e, portanto, torna-se um recurso com o qual o aluno possa pesquisar, pensar e manipular a informação.

Para (MATTEI, 2001), o ensino tradicional dedicado à simples transmissão do conhecimento se baseia numa concepção de aprendizagem Behaviorista, em que o computador é usado como uma máquina de ensinar. Porém, pode-se adotar uma concepção construtivista, em que o conhecimento é construído progressivamente por meio de ações que se transformam. Piaget, o grande construtivista, afirma que a inteligência surge de um processo evolutivo gradual, em que muitos fatores devem ter tempo para encontrar seu equilíbrio (PIAGET, 1959).

Nesse caso, o computador pode ser visto com uma ferramenta pedagógica para criar um ambiente interativo que proporcione ao aluno investigar, levantar, hipóteses, pesquisar, criar e assim construir seu próprio conhecimento.

Com isso observa-se que a informática trabalha com representações virtuais de forma coerente e flexível, possibilitando, assim, a descoberta e a criação de novas relações.

b) Sistemas Educativos

Em um futuro não muito remoto, o professor que não souber avaliar e escolher um Software educativo será considerado analfabeto.
(SOUZA, 2006)

Sistemas educacionais estão sendo usados no mercado mundial de forma muito acelerada, salienta (MATTEI, 2001). Inúmeros países como Inglaterra, França e EUA, entre outros, desenvolveram projetos de uso do microcomputador em educação e, conseqüentemente necessitam desenvolver produtos de *software* específicos para suas necessidades. O mesmo tem ocorrido no Brasil, onde diversos projetos de pesquisa vêm sendo desenvolvidos, não apenas relacionados ao uso do microcomputador em sala de aula,

como também ao desenvolvimento de *software* para os mais diversos conteúdos programáticos.

Segundo (MATTEI, 2001), tais sistemas devem oportunizar uma maior interação entre o aluno, o professor e o ambiente de aprendizagem. Porém nem todos os ambientes de ensino assistidos por computador do mercado oferecem qualidade. Há sistemas que propõem caminhos e resultados únicos, substituindo, portanto, aquele professor tradicional.

Pode-se afirmar que o sucesso de um sistema educativo depende não apenas da forma como foi concebido, mas principalmente pelo modo de utilização do professor. A construção de um sistema deve ser associada à proposta pedagógica do professor. Parafraseando (SETTE, 2005), almeja-se que um ambiente educacional apresente as seguintes características:

- Provoque mudanças desejáveis no processo ensino/aprendizagem;
- Propicie a construção do conhecimento;
- Incentive o trabalho cooperativo e interdisciplinar;
- Consiga despertar a curiosidade do aluno;
- Possa estimular à reflexão, o raciocínio, a compreensão de conceitos;
- Ressalte a importância do processo em vez do resultado obtido (ganhar ou perder, certo ou errado).
- Possa explorar a criatividade, a iniciativa e a interatividade, propiciando ao aluno a postura ativa diante da máquina e do sistema;
- Estimule ou não a competitividade (de acordo com a linha pedagógica adotada) nas diversas dimensões (com relação aos colegas, ao computador, a si próprio, etc.);
- Estimule o aluno a propor e resolver problemas.

Ambientes de aprendizagem precisam oferecer espaços para que os alunos possam, além de pesquisar sobre determinados assuntos, testarem seus conhecimentos através de práticas e outros meios, a fim de contribuir para sua caminhada na busca de novas idéias e descobertas. (WANG, 2007)

Desta forma, não se tem apenas mais um sistema de computador, e sim um ambiente educacional que propicie o desenvolvimento e a organização do pensamento, bem como

desperte o interesse e a curiosidade dos alunos nos aspectos fundamentais, para a construção do conhecimento.

c) O Professor

Segundo (PASSERINO, 2001), as tecnologias tem sido utilizadas tradicionalmente para ensinar alunos como fonte do conhecimento. Assim foi com a televisão educativa, e também com os computadores. Esses instrumentos eram vistos como substitutos do professor tradicional, detentor do conhecimento, que repassa toda a informação para um aluno receptor/passivo.

A maioria dos educadores estão preocupados com a substituição do professor pela máquina, afirma (MATTEI, 2001). Antes da tecnologia deve-se considerar a metodologia, a filosofia educacional, levando-se em conta que o papel do professor deixa de ser o centro das atenções e assume a função de mediador nas atividades desenvolvidas.

Para (MATTEI, 2001), o professor não deve mais ser mero transmissor de conteúdos, mas sim um orientador, um facilitador da aprendizagem. A escola que pretende fazer o aluno pensar, estimular as suas capacidades, criar oportunidades de utilizar os seus talentos, respeitando os diversos modos de aprender, não precisa mais de professor que decide o conteúdo a ser aprendido e ensinado. Precisa, sim, do professor parceiro, aprendiz, que, junto com seus alunos, pesquisa, debate e descobre o novo.

A verdadeira função do professor não deve ser aquela de ensinar, mas sim de criar condições de aprendizagem (ROVAI, PONTON *et al.*, 2007).

É preciso lembrar que os computadores são ferramentas como quaisquer outras. Uma ferramenta, sozinha, não faz o trabalho. É preciso um profissional, um mestre no ofício, que a manuseie, que a faça fazer o que ele acha que é preciso fazer. É preciso, antes da escolha da ferramenta, um desejo, uma intenção, uma opção. Havendo isto, até a mais humilde sucata pode transformar-se em poderosa ferramenta didática. Assim como o mais moderno dos computadores ligado à Internet. Não havendo, é este que vira sucata (FONSECA, 2006).

A formação do professor precisa ser encarada como um processo permanente. As escolas que hoje estão formando os novos educadores necessitam ter como objetivo pedagógico formar um cidadão que esteja preparado para trabalhar no mundo atual, que seja crítico, tenha condições de criar e, principalmente, de se auto-desenvolver. (MATTEI, 2001)

A meta é instrumentalizar os educadores para que possam se tornar cada vez mais sujeitos das decisões sobre como, quando e onde utilizar esta tecnologia.

d) O Aluno

O papel do aluno é utilizar o computador como uma ferramenta que contribui para o seu desenvolvimento no momento atual e no futuro. Sabe-se que o computador é um recurso que os alunos gostam de utilizar, porém é necessário acompanhar o seu uso criticamente, para que se evitem os exageros e prejuízos a sua formação. Para (MATTEI, 2001), o computador não pode substituir a fase infantil de um criança, ou seja, as brincadeiras como a boneca, o carrinho, o futebol, o “esconde-esconde” e outras brincadeiras essenciais para um vida saudável.

Mas, sem sombra de dúvida, o uso da informática pelas escolas, universidades e instituições de ensino cresce a cada dia, tanto na área administrativa quanto na área pedagógica. O computador será responsável por uma revolução considerável na educação e nas formas de avaliações de conhecimento, num futuro bem próximo. O uso adequado deste mecanismo oportuniza o desenvolvimento e a organização na construção do pensamento, bem como desperta o interesse e a curiosidade dos alunos, elementos fundamentais para a construção do conhecimento (UZUNBOYLU, 2007).

2.2.2.3 Abordagem Tradicional do Ensino

Para (SOUZA, 2001), o ensino no Brasil é, de maneira geral, baseado na abordagem tradicional, tendo atualmente presença significativa na rotina das universidades, razão pela qual pode ser um obstáculo para o educador na construção ou na implementação de qualquer nova concepção metodológica.

Atualmente as universidades não têm conseguido, com a abordagem tradicional, garantir uma adaptação tecnológica significativa, crítica, criativa e duradoura por parte dos alunos, para que sirva como instrumento de construção da cidadania e de transformação da realidade. A quantidade de novas informações que está sendo gerada atualmente, e que foi gerada nas últimas décadas, é muito grande, tornando-se cada vez mais difícil para o professor deter tanta informação para poder transmitir ao aluno todo este conhecimento (ROVAI, PONTON *et al.*, 2007).

(SOUZA, 2001) salienta a necessidade do educador ter consciência dos limites e problemas da educação tradicional, para tentar modificá-la ou até mesmo utilizar novas técnicas.

a) Problemas da abordagem Tradicional

O principal problema reside no relativo risco da ausência da aprendizagem, em função de baixo nível de interação gerada entre aluno, conteúdo e realidades; tornando assim o aluno passivo, não crítico. Alguns dos fatores desconsiderados pela abordagem tradicional, segundo Vasconcelos, citado por (SOUZA, 2001) são:

- O conhecimento ocorre na relação aluno-conteúdo-realidade, com a mediação do professor;
- O aluno é um ser concreto;
- A existência de diferentes estágios de desenvolvimento;
- A necessidade de motivação para a aprendizagem;
- O trabalho em sala de aula tem uma dimensão coletiva;
- O conhecimento se dá pela ação do aluno sobre o objeto de estudo;
- O aluno traz uma bagagem cultural.

Para (SOUZA, 2001), a falta destes fatores na abordagem tradicional pode fazer com que os alunos fiquem alienados. Sabe-se que não se pode responsabilizar apenas os professores, pois eles também são vítimas desta formação deficiente, e por isso às vezes não sabem aquilo que ministram em sala de aula. Não sabendo o significado do que ensinam, como poderão motivar os alunos a estudar?

b) Conseqüências

Segundo (SOUZA, 2001) a abordagem tradicional pura e simples, apesar de ser dominante ainda hoje nas universidades brasileiras, apresenta conseqüências nocivas para a educação superior:

- O aluno não aprende;
- O professor não ensina como desejava;
- O aluno pobre é expulso da Universidade;
- O aluno pobre que fica é educado para a submissão.

Para procurar resolver estes problemas, é necessário buscar novas metodologias, assegurando um aprendizado efetivo e duradouro. Esta é a base da abordagem interativa, descrita no próximo item.

2.2.2.4 Abordagem Interativa

Esta abordagem tem como concepção o fato que o aluno é um ser ativo, o conhecimento não deve ser transferido, mas sim construído pelo aluno na sua relação com os outros e com o mundo.

O processo de aprendizagem deve ser dirigido pelo professor, cabendo a ele não apenas apresentar o conteúdo de sua disciplina, mas despertar e acompanhar o interesse dos alunos para o conhecimento, para que estes últimos possam construir, elaborar e expressar uma síntese do mesmo (SOUZA, 2001).

Na abordagem interativa, há uma interação constante entre professor, aluno, conteúdo e realidade, o que não acontece na abordagem tradicional. Para que haja aprendizagem, há necessidade de ação do aluno sobre o conteúdo da disciplina. Os sistemas virtuais de ensino facilitam tal estratégia, pois provocam o raciocínio dos alunos, garantindo o acesso a elementos que os ajudarão nas respostas aos problemas (SOUZA, 2001).

Quando a busca do conhecimento se dá do aluno para o professor, a construção do conhecimento por parte do aluno faz com que este possa sistematizar o conhecimento que vem adquirindo, e expressá-lo corretamente (ROVAI, PONTON *et al.*, 2007).

A tecnologia como ferramenta, de acordo com (PASSERINO, 2001), pode ser usada tanto por professores como por alunos. Neste último caso, a tecnologia é empregada como mais uma ferramenta entre outras (lápiz, papel, computador, borracha, impressora, etc.).

Mas deve-se destacar que nem o professor, nem tecnologias, originam o pensamento, e portanto, a aprendizagem. Esses elementos do processo (Professor, tecnologia, ambiente, entre outros) dão suporte à aprendizagem, oferecendo condições para que o mesmo aconteça, mas é o aluno quem dispara este processo (WANG, 2007).

Tal abordagem tem um papel muito importante no aumento da efetividade do processo ensino-aprendizagem e da comunicação eficaz através de uma interface amigável. Por exemplo, em ambientes tridimensionais, os usuários não apenas vêem conceitos abordados, mas eles podem executar tarefas dentro de um mundo fictício ou de uma reprodução do mundo real (CHITTARO e RANON, 2007).

Em conseqüência, o papel do professor e da tecnologia no processo de aprendizagem é indireto (PASSERINO, 2001).

Para (CHIRICO, SCAPOLLA *et al.*, 2005), as funções principais de laboratórios virtuais interativos são:

- Deixar o usuário livre para explorar experiências de aprendizagem;
- Não fixar nenhum limite nos laboratórios, com exceção de uma conexão de *Internet* dos computadores que controlam a instrumentação;
- Evitar configurações e exigências de *software e hardware* difíceis aos usuários;
- Permitir o acesso de muitos usuários simultaneamente;
- Possibilitar aos instrutores levarem a cabo sessões de trabalho supervisionadas;
- Controlar e anotar o acesso ao sistema.

Quadro comparativo entre as duas Abordagens

Na Tabela 2.1 são apresentadas algumas diferenças entre a abordagem tradicional e a interativa. Analisando-se a abordagem tradicional, ainda presente em grande parte do processo de ensino/aprendizagem nas universidades brasileiras, percebe-se a necessidade de mudanças para adaptar o aluno às novas demandas da sociedade e do mercado de trabalho em seu futuro profissional. Para tal, devem-se avaliar cuidadosamente os recursos tecnológicos necessários e disponíveis para se poder utilizar, por exemplo, da abordagem interativa e, ainda, descobrir qual a melhor estratégia para a sua implantação (SOUZA, 2001).

Tabela 2.1 - Quadro comparativo entre a abordagem tradicional e a interativa para alunos. (SOUZA, 2001)

TRADICIONAL	VIA WEB OU INTERATIVA
ALUNOS	
Homogêneos quanto à qualificação	Heterogêneos quanto à qualificação
Lugar único de encontro	Estudam em casa, universidade, etc.
Residência Local	População dispersa ou não
Situação controlada/Aprendizagem dependente	Situação livre/Aprendizagem independente
A Educação é atividade primária/Tempo Integral	A Educação é atividade secundária/Tempo Integral
Seguem, geralmente, um currículo obrigatório.	O estudante trilha o caminho que queira seguir.
Homogêneos quanto à qualificação	Heterogêneos quanto à qualificação

Tabela 2.2 - Quadro comparativo entre a abordagem tradicional e a interativa para docentes. (SOUZA, 2001)

TRADICIONAL	VIA WEB OU INTERATIVA
DOCENTES	
Um só tipo de professor	Vários tipos de professores
Fonte de conhecimento	Suporte e orientação da aprendizagem
Recurso insubstituível	Recurso parcialmente substituível
Juiz supremo da atuação do aluno	Guia da atualização do aluno

Tabela 2.3 - Abordagem tradicional x abordagem interativa para comunicação/recursos (SOUZA, 2001)

TRADICIONAL	VIA WEB OU INTERATIVA
COMUNICAÇÃO/RECURSOS	
Ensino face a face	Ensino multimídia
Comunicação direta	Comunicação diferenciada em espaço e tempo

2.2.2.6 Limitações e problemas da abordagem interativa

Segundo (JONSSON, 2005), para a construção de um sistema com abordagem interativa, deve-se considerar suas limitações e problemas.

- A diminuição da socialização, pelas escassas ocasiões para interação dos alunos com o docente e entre si;
- Empobrecimento da troca direta de experiências proporcionada pela relação educativa pessoal entre professor e aluno;
- O perigo da homogeneidade dos materiais instrucionais, pois todos aprendem o mesmo conteúdo, através de um só pacote institucional.
- Desvalorização das certificações;
- Descontextualização;
- Evasão dos cursos entre 60% e 90% dos alunos, devido à falta de disciplina dos estudantes ao estudo.

2.3 Legislação Brasileira para Ensino a Distância

2.3.1 Introdução

A legislação pertinente ao ensino brasileiro é baseada numa lei fundamental, a LDB (Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996), a qual estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. A partir desta lei inicial, fazem-se necessárias outras leis, resoluções e decretos posteriores para o devido amparo legal relativo ao ensino à distância; bem como também a incrementos e alterações na legislação.

2.3.2 Regulamentação da EAD no Brasil

As bases legais da educação à distância no Brasil foram estabelecidas pela Lei de diretrizes e bases da Educação Nacional (Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996), pelo Decreto nº. 2.494, de 10 de fevereiro de 1998, Decreto nº. 2.561, de 27 de abril de 1998 e pela Portaria Ministerial nº 301, de 07 de abril de 1998.

Em 3 de abril de 2001, a Resolução n.º 1, do Conselho Nacional de Educação estabeleceu as normas a pós graduação lato e *scripto sensu*.

a) Ensino fundamental, médio e técnico à distância:

De acordo com o Art. 2º do Decreto n.º 2.494/98, “*os cursos a distância que conferem certificado ou diploma de conclusão do ensino fundamental para jovens e adultos, do ensino médio, da educação profissional e de graduação serão oferecidos por instituições públicas ou privadas especificamente credenciadas para esse fim*”.

Para oferta de cursos a distância dirigidos à educação fundamental de jovens e adultos, ensino médio e educação profissional de nível técnico, o Decreto n.º 2.561/98 delegou competência às autoridades integrantes dos sistemas de ensino de que trata o artigo 8º da LDB, para promover os atos de credenciamento de instituições localizadas no âmbito de suas respectivas atribuições.

Assim, as propostas de cursos nesses níveis deverão ser encaminhadas ao órgão do sistema municipal ou estadual responsável pelo credenciamento de instituições e autorização de cursos (Conselhos Estaduais de Educação) – a menos que se trate de instituição vinculada ao sistema federal de ensino, quando, então, o credenciamento deverá ser feito pelo Ministério da Educação (MEC).

b) Ensino superior (graduação) e educação profissional em nível tecnológico

No caso da oferta de cursos de graduação e educação profissional em nível tecnológico, a instituição interessada deve credenciar-se junto ao Ministério da Educação, solicitando, para isto, a autorização de funcionamento para cada curso que pretenda oferecer. O processo será analisado na Secretaria de Educação Superior, por uma Comissão de Especialistas na área do curso em questão e por especialistas em educação a distância. O Parecer dessa Comissão será encaminhado ao Conselho Nacional de Educação. O trâmite, portanto, é o mesmo aplicável aos cursos presenciais. A qualidade do projeto da instituição será o foco principal da análise.

c) Pós-graduação à distância

A possibilidade de cursos de mestrado, doutorado e especialização a distância foi disciplinada pela Resolução nº 01, da Câmara de Ensino Superior-CES, do Conselho Nacional de Educação-CNE, em 3 de abril de 2001.

O artigo 3º, tendo em vista o disposto no § 1º do artigo 80 da Lei nº 9.394, de 1996, determina que os cursos de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado e doutorado) à distância serão oferecidos exclusivamente por instituições credenciadas para tal fim pela União e obedecem às exigências de autorização, reconhecimento e renovação de reconhecimento estabelecidas na referida Resolução.

No artigo 11, a Resolução nº 1, de 2001, também conforme o disposto no § 1º do art. 80 da Lei nº 9.394/96, de 1996, estabelece que os cursos de pós-graduação *lato sensu* a distância só poderão ser oferecidos por instituições credenciadas pela União.

“Os cursos de pós-graduação lato sensu oferecidos à distância deverão incluir, necessariamente, provas presenciais e defesa presencial de monografia ou trabalho de conclusão de curso”.

d) Diplomas e certificados de cursos à distância emitidos por instituições estrangeiras

Conforme o Art. 6º do Dec. 2.494/98, os diplomas e certificados de cursos à distância emitidos por instituições estrangeiras, mesmo quando realizados em cooperação com instituições sediadas no Brasil, deverão ser revalidados para gerarem os efeitos legais.

A Resolução CES/CNE 01, de 3 de abril de 2001, relativa a cursos de pós-graduação, dispõe, no artigo 4º, que “os diplomas de conclusão de cursos de pós-graduação *stricto sensu* obtidos de instituições de ensino superior estrangeiras, para terem validade nacional, devem ser reconhecidos e registrados por universidades brasileiras que possuam cursos de pós-graduação reconhecidos e avaliados na mesma área de conhecimento e em nível equivalente ou superior ou em área afim.

Vale ressaltar que a Resolução CES/CNE nº 2, de 3 de abril de 2001, determina no caput do artigo 1º, que “os cursos de pós-graduação *stricto sensu* oferecidos no Brasil por instituições estrangeiras, diretamente ou mediante convênio com instituições nacionais, deverão imediatamente cessar o processo de admissão de novos alunos”.

Estabelece, ainda, que essas instituições estrangeiras deverão, no prazo de 90 (noventa) dias, a contar da data de homologação da Resolução, encaminhar à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES a relação dos diplomados nesses cursos, bem como dos alunos matriculados, com a previsão do prazo de conclusão. Os diplomados nos referidos cursos “*deverão encaminhar documentação necessária para o processo de reconhecimento por intermédio da CAPES*”.

2.4 O Ensino em Engenharia Biomédica

2.4.1 Introdução

A Engenharia Biomédica está crescendo rapidamente como uma área de pesquisa e conhecimento, principalmente, como um corpo de prática na área médica. Para manter tal crescimento, esta área requer um novo perfil do estudante, que possa rapidamente adaptar à informação nova e reconhecer o potencial de aplicar tal conhecimento para problemas existentes na saúde humana e na biologia. (HARRIS, BRANSFORD *et al.*, 2002)

O estudante de hoje convive com tecnologias de aprendizagem que têm sido empregadas dentro e fora da sala de aula, sendo influenciadas pela natureza do ensino e aprendizagem. Tecnologias baseadas na *web* estão habilitando novas possibilidades pedagógicas, além de gerar um interesse ao aluno jamais alcançado (HOWARD, 2003). Estas novas tecnologias incluem computadores, CD-ROMS, DVD, gestão de redes e *Internet* (HARRIS, BRANSFORD *et al.*, 2002).

As tecnologias fazem com que a procura e exploração das áreas como Medicina, Biologia, Matemática e Engenharia Biomédica aumente a cada dia. Professores podem

imediatamente acessar eventos importantes para usar como ilustrações; estudantes podem retornar facilmente a cenas específicas para recordarem. Esta flexibilidade é muito importante para ajudar os estudantes a alcançar a aprendizagem. (HARRIS, BRANSFORD *et al.*, 2002)

Atividades de aprendizagem baseada na *web* dispõem de oportunidades sem iguais para projetar experiências de aprendizagem individualizadas. Mas essas atividades devem ter o acompanhamento de um pedagogo, possibilitando evolução com o passar do tempo (HOWARD, 2003).

2.4.2 Recursos computacionais no ensino

Com a incorporação cada vez maior de tecnologia na área médica, a demanda por engenheiros biomédicos tem aumentado consideravelmente. Estes engenheiros recebem uma forte formação computacional, e o computador começa a ser visto como um facilitador de aprendizagem (TABAKOV, 2005).

Um exemplo que pode ser citado é de um *software* de simulação de um sistema de radiografia. A imagem é obtida computacionalmente, absorvida pelo detector e convertido em densidade pelo uso de uma função resposta. A simulação completa e detalhada de uma radiografia provê uma ferramenta didática interessante para treinar os médicos, os técnicos e físicos médicos (FANTI, MARZEDDU *et al.*, 2005).

Outro exemplo a ser citado é de um programa de pós-graduação que oferece o curso de mestrado à distância, tanto para alunos da Universidade de Adelaide, como para alunos que são empregados em hospitais da Austrália ou Nova Zelândia. O curso tem uma duração de três a quatro semestres (18-24 meses) em tempo integral. A estrutura do curso normalmente se inicia com uma introdução de anatomia e fisiologia, seguidas pela radiação, radioterapias físicas e outras disciplinas (POLLARD, 2005). Assim, a disponibilidade de tecnologia digital provê uma oportunidade para aumentar a eficiência no ensino e no processo de análise de imagens médicas (SPRAWLS, 2005).

Para se construir um sistema EAD é preciso uma análise das atividades educacionais específicas, com respeito a resultados desejados. Isto é seguido pelo desenvolvimento de estratégias e recursos baseados em princípios educacionais estabelecidos. O impacto da tecnologia contemporânea pode ser explicado pela sua habilidade em colocar os estudantes em ambientes de aprendizagem enriquecidos (SPRAWLS, 2005).

Além da flexibilidade relativa à autonomia dos estudantes na busca das informações, a *Internet* trouxe um processo de aprendizagem que provê recursos excitantes como páginas de

web, que além de estimular, apresentam vários recursos como hipertextos, quadros de anúncios, gráficos, som e vídeo, enriquecendo o processo de aprendizagem (TURNER-SMITH e DEVLIN, 2005).

Novas técnicas didáticas de aprendizagem em ciências e tecnologia estão abrindo oportunidades para se projetar materiais efetivos de aprendizagem, que podem ser compartilhados entre os instrutores. Com o crescimento da Engenharia Biomédica, a demanda por materiais continuará crescendo, cujo sucesso dependerá da facilidade de adaptação destes recursos para uma aula (BROPHY, 2003).

Simulações interativas, animações, seminários e imagens podem prover ferramentas úteis para explorar conceitos relacionados a um desafio. Perguntas de avaliação podem testar e diagnosticar os estudantes sobre a compreensão conceitual (BROPHY, 2003).

Atualmente, com o desenvolvimento de modernas técnicas diagnósticas, os avanços tecnológicos têm trazido muitos benefícios quanto à resolução das imagens. Vários métodos de neuroimagem têm sido explorados, inclusive em três dimensões (3D), como fator facilitador do diagnóstico topográfico. Podem-se citar outros recursos de imagem em 3D computadorizados, como o Atlas do sistema nervoso central; e programas de análise de imagens médicas para diagnóstico.

As plataformas de aprendizagem atuais oferecem acesso ao material educacional pela *Internet*, incluindo algumas aplicações e dados estatísticos do desempenho dos estudantes. Estes freqüentemente não organizam seu tempo, não classificando e não priorizando as suas tarefas, de modo que façam seu uso diariamente (ASIMOPOULOS, NATHANAIL *et al.*, 2007).

O campo da Engenharia Biomédica está progredindo rapidamente em várias áreas, criando tecnologias novas e diferentes para muitos domínios. Portanto os estudantes devem desenvolver habilidades de interdisciplinaridade e conhecimento de vários assuntos. Esta renovação pedagógica exige uma revisão completa no currículo da educação da Engenharia Biomédica. (SALERUD e ILIAS, 2007)

2.4.2.1 Ensino à distância de Engenharia Biomédica no mundo

A Tabela 2.4 apresenta uma seleção de artigos de diversos autores sobre ensino a distância em Engenharia Biomédica, mostrando suas características, metodologias e informações gerais.

Tabela 2.4 - Pesquisa de sistemas de ensino à distância no mundo em Eng. Biomédica

SISTEMA DE EAD	ASSUNTOS/ OBJETIVOS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS (Recursos)	HARDWARE E SOFTWARE NECESSÁRIO	METODOLOGIA DE TESTES	RESULTADOS	CIDADE/ PAÍS
<p>Curso para desmistificar Sinais Biomédicos.</p> <p>(SIMPSON, DE STEFANO <i>et al.</i>, 2005)</p>	<p>Entender as origens dos sinais biomédicos para que o estudante possa ser capaz de interpretar, sintetizar e avaliar criticamente os resultados obtidos. Após o curso, garantir que o aluno, além ser capaz de analisar um sinal, possa também escrever programas simples em MATLAB usando algum sinal biomédico.</p>	<p>É um curso de Ensino a distância, mas também possui aulas presenciais. O curso é disponível por uma interface <i>web</i>. Os principais itens do curso são:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Introdução a sinais Biomédicos; 2- Aquisição de sinais Biomédicos; 3- Conversão de sinais analógicos para digitais. 4- Filtros digitais; 5- Transformada de Fourier 6- sinais aleatórios; 7- Densidade Espectral e Potência; 8- Autocorrelação. 	<p><i>Software</i> MATLAB instalado e Acesso à <i>Internet</i> para realização de algumas atividades do curso. Não necessita de <i>Internet</i> banda larga. Mas exige um bom computador para executar o programa <i>Matlab</i> de forma eficiente.</p>	<p>Em Maio de 2004, foi enviado para os estudantes anteriores um questionário de avaliação. 37 questionários foram enviados, 14 voltaram completos.</p>	<p>Este curso obteve grande êxito. Foi demonstrado pelos questionários que curso foi bastante útil para os alunos. O trabalho prático foi considerado mais importante do que o teórico.</p>	<p>Southampton, UK</p>

SISTEMA DE EAD	ASSUNTOS/ OBJETIVOS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS (Recursos)	HARDWARE E SOFTWARE NECESSÁRIO	METODOLOGIA DE TESTES	RESULTADOS	CIDADE/ PAÍS
<p>Software de simulação para imagens de Raio-x (Radiografia)</p> <p>(FANTI, MARZEDDU <i>et al.</i>, 2005)</p>	<p>Foi apresentado uma ferramenta de <i>software</i> para simulação de sistemas de imagens para RAIIO-X. A imagem é obtida pelo computador, absorvida pelo detector e convertido em densidade pelo uso de uma função resposta.</p>	<p>É um <i>software</i> construído na linguagem de programação VB (Visual Basic). A fonte de radiografia é modelada com um tubo radiológico para o qual o usuário pode modificar o potencial do tubo, o material de ânodo, a carga de tubo, a filtragem e alguns parâmetros geométricos, como distância, orientação e tamanho do campo.</p>	<p>Não depende de nenhum outro aplicativo para ser executado.</p>	<p>Não descreve nenhuma metodologia de teste.</p>	<p>Foi simulado um sistema de radiografia completo: radiografia, tubo, paciente e detector. Este programa pode ser usado para ensinar e aprender sistemas de radiografia.</p>	<p>Monserrato, Itália</p>
<p>Curso de Físicas Médicas</p> <p>(JONSSON, 2005)</p>	<p>Prover o conhecimento aos professores de como a radiação é aplicado à Medicina, para diagnóstico e propósitos terapêuticos.</p>	<p>Curso gratuito de EAD. Realizado em cinco módulos e nove sub-módulos que contém textos de e-books, tarefas e outros recursos que os estudantes podem usar. O curso faz aproximação altamente didática. A discussão entre os alunos e professores acontece de forma on-line e através de fóruns e e-mail.</p>	<p>Não especificado, mas como se trata de um curso on-line, espera-se de um computador com conexão a <i>Internet</i>, banda larga ou não.</p>	<p>Na execução dos testes foi utilizado um questionário eletrônico com 71 perguntas analíticas, com estudantes de três cursos, durante um tempo não determinado. Não mostra quantos alunos realizaram as avaliações.</p>	<p>A avaliação do curso foi muito positiva, os participantes ficaram muito satisfeitos. 76.7% dos estudantes estão satisfeitos com as informações encontradas no Sistema e para 93%, as práticas do curso são ótimas.</p>	<p>Lund, Suécia</p>

SISTEMA DE EAD	ASSUNTOS/ OBJETIVOS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS (Recursos)	HARDWARE E SOFTWARE NECESSÁRIO	METODOLOGIA DE TESTES	RESULTADOS	CIDADE/ PAÍS
<p>Recriação de imagens médicas, educação tecnológica e treinamento.</p> <p>(SPRAWLS, 2005)</p>	<p>O objetivo geral é recriar o processo sistemático de análise, projeto e implementação de uma atividade educacional e eficiente, para produção de resultados específicos.</p>	<p>É um curso de ensino em física médica à distância. Possui uma infra-estrutura baseada na <i>web</i>, onde existe um facilitador de aprendizagem (professor ou tutor), o aluno e os recursos disponíveis pela <i>Internet</i>. Além de aulas com recursos em áudio, são oferecidos e-books, mecanismos de buscas, módulos <i>online</i> do curso e módulos para educação continuada.</p>	<p>As configurações de <i>hardware</i> e <i>software</i> não foram especificadas. Espera-se pelo menos conexão com a <i>Internet</i>.</p>	<p>Não foi descrita a metodologia de teste utilizada.</p>	<p>Não são demonstrados os resultados encontrados na implantação.</p>	<p>Atlanta, USA.</p>
<p>TELEMATE</p> <p>(TURNER-SMITH e DEVLIN, 2005)</p>	<p>Seu principal objetivo é registrar todos os profissionais de tecnologia que residem na União Européia. Foi também criado um padrão de currículo apropriado dentro do auxílio de tecnologia que pode ser mantida e expandida com o crescimento do campo. Os professores poderão criar cursos, verificar o desempenho deles e sua manutenção.</p>	<p>É um curso de Ensino a distância para auxiliar os profissionais de tecnologia. Foi criado em 1998. Desde então, as informações do curso são acessadas em uma página <i>web</i> que permite o uso de gráficos, som e vídeo. O curso consiste em 6 módulos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Introdução; 2- usuários e características de usuários; 3-Princípios tecnológicos modernos; 4- Tecnologia Assistida – Definição e Papéis; 5- Tecnologia Assistida – Serviços; 6- Conclusões. 	<p>Não são detalhados os recursos de <i>hardware</i> e <i>software</i> necessários para seu uso. Como são oferecidos videoconferências, espera-se conexão banda larga para o uso deste recurso.</p>	<p>Foi aplicado um questionário eletrônico com perguntas analíticas para 66 estudantes distribuídos em todos os cursos. As principais perguntas utilizadas são a respeito dos equipamentos, se o tempo foi suficiente e se sua expectativa foi atingida. Não foi especificado o tempo gasto na aplicação do questionário.</p>	<p>Além da flexibilidade relativa à autonomia dos estudantes na busca das informações, a <i>Internet</i> possibilitou um processo de aprendizagem que facilita a administração. 87% dos estudantes consideram o material muito bom.</p>	<p>Londres, UK</p>

SISTEMA DE EAD	ASSUNTOS/ OBJETIVOS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS (Recursos)	HARDWARE E SOFTWARE NECESSÁRIO	METODOLOGIA DE TESTES	RESULTADOS	CIDADE/ PAÍS
<p>Esmeralda (PALLIKARAKIS, 2005)</p>	<p>O projeto teve como objetivo cadastrar currículos dos profissionais ligados à Engenharia Biomédica e materiais de EAD para facilitar o treinamento em três áreas: radiografia, medicina nuclear e radioterapia.</p>	<p>É um curso de ensino à distância. O treinamento é realizado por módulos baseados no desenvolvimento de habilidades e competência, pelo desempenho prático de tarefas específica. Usam <i>e-books</i> em PDF e <i>links</i> para imagens interativas.</p>	<p>Não são detalhados os recursos de <i>hardware</i> e <i>software</i> necessários para seu uso. Como os recursos são oferecidos via <i>Internet</i>, espera-se serviço de conexão banda larga. <i>Softwares</i> básicos também são necessários, para leitura de arquivos em DOC e PDF.</p>	<p>Foram realizadas entrevistas com perguntas discursivas a respeito da opinião dos alunos sobre: Materiais, aulas, acesso às informações e outras perguntas relativas ao curso. Os estudantes foram também entrevistados por especialistas e supervisores da área, ao final do curso.</p>	<p>A avaliação inicial considerou que o uso dos materiais para educação e treinamento obteve a aprovação de todos os conferencistas a respeito das imagens e banco de dados educacional.</p>	<p>Londres, UK</p>
<p>Sistema EAD para estudantes Remotos (POLLARD, 2005)</p>	<p>Curso de mestrado em física médica. Tem duração de 3 a 4 semestres (18-24 meses) em tempo integral. Inicia-se com uma introdução em anatomia e fisiologia seguidas pela radiação, radioterapia e outras disciplinas.</p>	<p>Sistema de Ensino a Distância. Para o acesso ao curso, é disponibilizada uma <i>Homepage</i>, que inclui para cada curso uma introdução geral de sua estrutura, uma lista de referências bibliográficas e <i>hyperlinks</i> para retornar para página principal. O sistema é de fácil navegação, podendo o estudante ler o material na tela do computador, acessar a informação, podendo também imprimir o material lido.</p>	<p>Existe uma página <i>web</i> para cada curso. Espera-se serviço de <i>Internet</i>.</p>	<p>Foi realizada uma avaliação <i>online</i> com um total de 15 estudantes, todos eles completaram os cursos com sucesso e são pós-graduados agora. Esta avaliação foi feita através de perguntas analíticas e não foi indicado o tempo de aplicação destes questionários eletrônicos.</p>	<p>Os resultados revelam 90% de confiança pelos alunos por ambos os cursos. Foi sugerido pelos estudantes um fórum de discussão para melhorar compreensão e reduzir o isolamento.</p>	<p>Adelaide, Austrália</p>

SISTEMA DE EAD	ASSUNTOS/ OBJETIVOS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS (Recursos)	HARDWARE E SOFTWARE NECESSÁRIO	METODOLOGIA DE TESTES	RESULTADOS	CIDADE/ PAÍS
<p>Sistema à distância (ERM) para educação Física em radiação médica</p> <p>(STOEVA e CVETKOV, 2005)</p>	<p>O sistema foi desenvolvido, testado e implantado na Universidade Central de Física médica. O ERM é um sistema <i>online</i> para educação remota sobre radiação médica em nível de mestrado. Possui uma interface amigável e otimizada com três diferentes níveis: estagiário, professor e administrador.</p>	<p>É um curso de Ensino a Distância em Radiação Médica.</p> <p>O curso consiste em 12 módulos. Os materiais de cada módulo são convertidos para um formato eletrônico (PDF) e publicado no <i>websítio</i> do sistema. Para o seu desenvolvimento foram usadas técnicas de engenharia de <i>software</i>, como análise de requisitos, projeto de sistema, implementação e testes.</p>	<p>O ERM é um modelo virtual para o processo educacional. Para sua execução não é necessário nenhum <i>software</i> adicional ou recursos de <i>hardware</i> para acessar ou manter o sistema.</p>	<p>O sistema foi testado por cinco estudantes do centro universitário. Foi realizada a demonstração do funcionamento do sistema e então os alunos puderam avaliar aspectos funcionais e pedagógicos do mesmo.</p>	<p>Os estudantes se adaptaram ao novo sistema rapidamente e em sua avaliação, observa-se o entusiasmo deles em ter o sistema de EAD como ferramenta de estudo. Além da comodidade, para os alunos as conferências face a face, os laboratórios <i>online</i>, como também a comunicação eficaz entre eles e os professores, tornaram a plataforma uma importante ferramenta de Aprendizagem.</p>	<p>Plovdiv, Bulgária</p>
<p>EMITEL: Enciclopédia para Tecnologia de Imagens médicas</p> <p>(TABAKOV, LEWIS <i>et al.</i>, 2007)</p>	<p>O projeto EMITEL visa melhorar a situação atual dos profissionais que não possuem um material adequado para sua educação ao longo da vida. Fornece uma ferramenta com base na <i>Internet</i> (Enciclopédia para tecnologia de imagens médicas). Permitirá aos profissionais consultarem sobre o desenvolvimento mais recente na área médica.</p>	<p>O projeto foi iniciado há 5 anos atrás, funcionando com um dicionário de termos de tecnologia de imagens médicas, que rapidamente tornou-se um dicionário de física médica. Está disponível em CD-ROM e através de uma página <i>web</i>. O EMITEL inclui artigos explicativos para cada um dos 4000 termos, além de imagens, gráficos, exemplos e outras informações. Os artigos são redigidos em inglês e traduzidos em outros idiomas.</p>	<p>As configurações de <i>hardware</i> e <i>software</i> não foram especificadas. Espera-se pelo menos conexão com a <i>Internet</i>.</p>	<p>Não consta.</p>	<p>Resultados relativos a testes não são descritos. Mas sabe-se que este recurso é usado em mais de 70 países. O próximo objetivo do projeto é realizar uma avaliação que se estenda aos diferentes usuários e países, como forma de incluir novos profissionais no projeto.</p>	<p>Londres, UK</p>

SISTEMA DE EAD	ASSUNTOS/ OBJETIVOS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS (Recursos)	HARDWARE E SOFTWARE NECESSÁRIO	METODOLOGIA DE TESTES	RESULTADOS	CIDADE/ PAÍS
<p>E-HECE – Experiência em EAD para educação de Engenharia Biomédica</p> <p>(INCHINGOLO, LONDERO <i>et al.</i>, 2007)</p>	<p>O objetivo consiste em combinar as vantagens de ambas tendências fundamentais, HECE (Ensino superior em Engenharia Clínica), da Universidade de Trieste na Itália, dentro de seu programa educacional em Engenharia Biomédica. Este sistema é capaz de oferecer aos estudantes meios para participar ativamente, de forma síncrona, das aulas ao vivo e outros recursos assíncronos, como gravações das aulas.</p>	<p>O sistema oferece uma interface de fácil utilização, recursos de videoconferências e gravações de aulas passadas, além de uma plataforma completa de ensino à distância com atividades para estudantes, cursos, exames <i>online</i> e procedimentos de relatórios.</p>	<p>As configurações de <i>hardware</i> e <i>software</i> não foram especificadas. Espera-se pelo menos conexão com a <i>Internet</i>.</p>	<p>Desde setembro de 2005 o sistema vem sendo utilizado no curso de Engenharia Biomédica da Universidade de Trieste, sendo usado por 340 estudantes no total em 150 cursos.</p>	<p>Não constam resultados de avaliações.</p>	<p>Trieste, Itália</p>
<p>EVICAB: Campus virtual Europeu para Engenharia Biomédica</p> <p>(LINDROOS, MALMIVUO <i>et al.</i>, 2007)</p>	<p>Foi lançado em janeiro de 2006. A idéia era desenvolver um ambiente virtual para a formação em Engenharia Biomédica por meio de cursos eletrônicos. O processo de criação do material foi iniciado através da avaliação do material de estudo existente, comparado a um modelo do processo do processo de aprendizagem.</p>	<p>São oferecidos para os estudantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mobilidade virtual; • <i>E-course</i> (Cursos Eletrônicos) <p>Para professores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material pedagógico e outros recursos; • Métodos de aprendizagem; • Apoio para o desenvolvimento do conteúdo; 	<p>As configurações de <i>hardware</i> e <i>software</i> não foram especificadas. Espera-se pelo menos conexão com a <i>Internet</i>.</p>	<p>A metodologia usada foi um questionário de perguntas funcionais e observação indireta dos alunos no laboratório de informática.</p>	<p>Os materiais disponibilizados em arquivos PPT não foram muito bem aceitos pelos estudantes por causa da falta de interatividade, tendo sido considerado monótono. Por outro lado, a combinação de captura de tela e vídeo teve avaliação muito boa. Na primeira pesquisa os resultados variavam em percentuais médios e excelentes.</p>	<p>Tampere, Finlândia</p>

2.4.2.2 Síntese geral da Tabela 2.4

Em síntese o assunto em geral tratado nos artigos foi o ensino à distância para Engenharia Biomédica. Todos os cursos aqui descritos já existiam a nível presencial, com objetivo principal fazer do aluno construtor do seu próprio conhecimento, ou seja, o aluno escolhe o caminho que deve trilhar para que alcance o conhecimento. Muitos destes sistemas foram criados inicialmente para facilitar a troca e manipulação de arquivos para professores e alunos, não se discutindo explicitamente uma filosofia pedagógica.

Em praticamente 90% dos artigos os sistemas são acessados via *web*, possuindo características variadas de usabilidade. Muitos recebem o nome de sistemas de “Ensino à distância”, mas podem ser considerados repositórios de materiais para auxílio de disciplinas. A maioria deles disponibiliza seus documentos das aulas no formato PDF, e também possui um banco de imagens médicas para visualização pela *Internet*.

Não há exigências em termos de *hardware* ou *software* específicos. Sugere-se pelo menos o emprego do serviço de banda larga no caso de videoconferências, para acesso mais às informações e a arquivos disponibilizados pelos sistemas.

54,5% dos artigos possui uma metodologia de avaliação de sistemas, valendo-se de questionários com perguntas analíticas, tanto eletrônicas como manuais. Em 36% do total de artigos não se fornece o número de estudantes entrevistados ou que responderam o questionário de avaliação e nem o tempo de aplicação. 27% fornecem as perguntas que foram realizadas no testes, cujas principais questões são citadas abaixo:

- “*Você já usou o sistema como consulta para trabalhos ou estudo para as provas?*”;
- “*O que você encontrou de mais interessante no sistema?*”;
- “*Considerou a duração do curso apropriada?*”;
- “*O curso cumpriu suas expectativas?*”;
- “*Qual a qualidade do curso se comparado com um curso presencial?*”;

Em geral todos os artigos demonstraram que o Ensino à distância, de alguma forma, melhora a aprendizagem dos alunos (60% de aceitação). O grau de satisfação tanto por estudantes, professores e especialistas é extramente alto, porém duvidoso devido à falta de detalhes. Deve-se levar em conta que, em média realizada sobre os dados de todos os artigos que fornecem detalhes de avaliação, 100 estudantes foram entrevistados, estes últimos sempre

pertencentes à disciplina de Engenharia Biomédica. Nota-se a falta de detalhes das experiências em termos da avaliação realizada pelos próprios alunos.

2.4.2.2 Ensino a distância na área de saúde no Brasil

A Tabela 2.5 apresenta uma seleção de artigos de diversos autores sobre ensino à distância na área de saúde no Brasil, mostrando suas características principais, desenvolvimento, avaliações e resultados.

Tabela 2.5 - Pesquisa de ensino a distância em Saúde no Brasil

SISTEMAS DE ENSINO MÉDICO	ASSUNTOS/ OBJETIVOS	DESENVOLVIMENTO	METODOLOGIA DE TESTES	RESULTADOS	UNIVERSIDADE/ CIDADE
<p>Ambiente virtual de Aprendizagem de Neuroanatomia</p> <p>(FALQUETO, HEINZEN <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p>Descrever a aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNA) na formação de exercícios que exploram algumas potencialidades da Inteligência Artificial, para compor ambientes de ensino, gerando como protótipo um ambiente virtual de aprendizagem da disciplina de Neuroanatomia da UFSC.</p>	<p>O passo inicial para o desenvolvimento do protótipo constituiu na obtenção dos dados que formam os padrões de conhecimento do especialista na solução do problema em causa, isto é, dados determinados sinais e sintomas.</p> <p>Foi criada uma aplicação flexível na linguagem Java, permitindo a criação de redes neurais artificiais, conforme o problema apresentado.</p>	<p>Para avaliação do aplicativo como estratégia pedagógica, utilizou-se um grupo de sete alunos do curso de Medicina da UFSC. Os critérios: facilidades de uso, pertinência, flexibilidade no estudo prático, estudo individual e conforto.</p>	<p>Aplicativos que usem os paradigmas de IA, simulando sinais e sintomas ocasionados por lesões no córtex cerebral, são uma alternativa eficiente para os modelos de ensino/aprendizagem atualmente em uso nas universidades, contribuindo para a resolução da falta de laboratórios e carência de peças humanas.</p>	UFSC/Florianópolis
<p>Um portal de ensino web 2.0 na área da saúde</p> <p>(FERNANDES, MOREIRA <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p>Buscar uma solução que melhore a utilização da <i>web</i> pelo usuário, podendo gerar melhores resultados em áreas em crescente desenvolvimento, tais como informática médica e EAD. Nesse sentido, este artigo apresenta a experiência de desenvolvimento de um portal para ensino na área de saúde na <i>web</i>, que busca melhorar a interação com o usuário.</p>	<p>Em 2005 iniciou-se a discussão sobre a "<i>Web 2.0</i>". O termo corresponde a uma série de tecnologias, recursos e tendências que alteraram significativamente a utilização da <i>web</i>. O destaque no desenvolvimento é creditado à AJAX (<i>Asynchronous JavaScript and XML</i>). AJAX é uma combinação de recursos que impulsionou a nova geração de aplicativos.</p>	Não consta.	<p>O desenvolvimento de ambientes de ensino é um desafio. A necessidade de ensinar e manter o interesse do usuário é enorme, o que torna indispensável melhores abordagens para atrair o usuário. Efeitos de <i>fade-in/out</i>, arrastar e soltar, opções de maior personalização da página são atrativos que geram uma boa impressão inicial, mas não mantêm um usuário interessado. A utilização de fórum de discussão, mensagens instantâneas, tutoriais inteligentes são opções mais eficientes.</p>	Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Brasil

SISTEMAS DE ENSINO MÉDICO	ASSUNTOS/ OBJETIVOS	DESENVOLVIMENTO	METODOLOGIA DE TESTES	RESULTADOS	UNIVERSIDADE/ CIDADE
<p>Habilidade em informática dos futuros médicos: a Internet basta?</p> <p>(REIS, 2006)</p>	<p>O objetivo deste artigo é avaliar a Habilidade em informática dos futuros médicos.</p>	<p>Este estudo é baseado na avaliação de conhecimentos e habilidades no uso de ferramentas de informática computacional a que foram submetidos todos os alunos do 5o. ano do curso de medicina da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), em Santa Catarina, quando iniciavam as atividades na Disciplina de Informática Médica (DIM), no período compreendido entre os anos 2003 e 2006.</p>	<p>O instrumento é composto de duas partes, sendo que a primeira contém perguntas fechadas dirigidas à caracterização do perfil demográfico do aluno, do acesso a computadores e Internet fora do ambiente da universidade, dos conhecimentos em informática que julga possuir e expectativas ao uso de ferramentas de informática no seu futuro profissional. Cento e quarenta e três alunos responderam ao questionário, número correspondente ao total dos alunos do 5º ano no período do estudo.</p>	<p>77 estudantes (53,8%) do sexo feminino. A idade dos participantes variou entre os 20 e 41 anos de idade (23,4 e 3,1 anos). A maioria dos alunos (95,1%) relatou ter acesso a computadores pessoais (PC) fora do ambiente da universidade, sendo que 122 (89,7%) tinham também acesso à Internet. Todos, exceto apenas um dos alunos, informaram “saber utilizar o computador para alguma tarefa”.</p>	<p>Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)</p>
<p>AMPLIA: Uma proposta para a informática na Educação Médica</p> <p>(FLORES, SEIXAS <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p>O AMPLIA (Ambiente Multiagente Probabilístico Inteligente de Aprendizagem), busca junto ao aluno, o desenvolvimento do raciocínio diagnóstico; no professor, estimula a revisão de sua base de conhecimento sob a ótica de quem aprende.</p>	<p>Ambiente aberto para que um aluno construa um modelo gráfico da representação de sua hipótese diagnóstica para um dado caso clínico, utilizando RB (Redes Bayesianas). A rede do aluno é comparada à rede de um especialista do domínio, que se encontra armazenada no ambiente, e as diferenças entre elas são tratadas por um agente inteligente que utiliza estratégias pedagógicas baseadas na teoria construtivista.</p>	<p>Não consta.</p>	<p>Os resultados obtidos nestes testes preliminares mostraram uma convergência com as observações realizadas por professor que acompanha os alunos durante o processo de construção de sua rede. Isto significa que o professor provavelmente iria usar estratégias similares àquelas selecionadas pelo sistema, para mediar o processo.</p>	<p>UFSC/ Florianópolis</p>

SISTEMAS DE ENSINO MÉDICO	ASSUNTOS/ OBJETIVOS	DESENVOLVIMENTO	METODOLOGIA DE TESTES	RESULTADOS	UNIVERSIDADE/ CIDADE
Avaliação de um Sistema Desenvolvido para o Ensino Virtual (BOTELHO, CUNHA <i>et al.</i> , 2006)	Avaliar um sistema desenvolvido para o Ensino Virtual.	Descrição das características do sistema a ser avaliado: O projeto do sistema estabeleceu Requisitos Básicos de Funcionalidade, visando tornar o ambiente o mais amigável possível, de navegação intuitiva e operação facilitada, que são listados a seguir. O desenvolvimento dos programas foi feito para ambiente <i>Windows</i> , em <i>Delphi 6</i> utilizando <i>Microsoft Direct X</i> .	A avaliação do sistema foi feita seguindo um Plano de Testes, em cada qual envolvendo uma aula. Alguns dos pontos avaliados foram: Eficiência, estabilidade, portabilidade, usabilidade, grau de satisfação e teste de aceitação.	Na avaliação do desempenho do sistema, durante os testes finais realizados nas aulas, todos os critérios de avaliação apresentaram notas máximas. Nas repostas dos alunos de 129 questionários recebidos, percebe-se avaliação positiva para realização de aulas virtuais neste ambiente.	UFSC/ Florianópolis
Uma Plataforma de Ensino e Pesquisa para a Área Médica (MARCHAUKOSKI, PEDRINI <i>et al.</i> , 2006)	O objetivo principal da plataforma é permitir a integração de módulos e configurações destes para necessidades específicas, como ensino agregando biblioteca, recursos de comunicação, controle acadêmico, avaliação.	Além de integrar módulos externos, a arquitetura da plataforma em si é modular, permitindo a configuração e adaptação a diferentes necessidades.	Não consta.	A Plataforma de Ensino e Pesquisa contribui para a interação dos grupos multidisciplinares e geograficamente distribuídos dos 12 centros envolvidos em pesquisas médicas, focando todas as especialidades pediátricas.	Universidade Federal do Paraná (UFPR) Curitiba-PR
Apoio à Educação em Medicina através da Internet (RODRIGUES, AMARAL <i>et al.</i> , 2006)	Estudar, especificar e implementar um sistema de apoio ao ensino de Medicina através da seleção de variáveis de um caso clínico.	Para desenvolvimento do sistema foi utilizado o modelo de ciclo de vida em Espiral, com seus ciclos evolutivos incrementais, sendo realizados dois ciclos para a conclusão e testes do sistema. Para levantamento dos requisitos, inicialmente foram realizadas reuniões com os tutores do curso de Medicina da PUCPR.	Para a validação do sistema, participaram da solução do caso clínico vinte estudantes do nono período do curso de Medicina, cursando o módulo de Saúde da Mulher. Todos os estudantes que participaram da validação já haviam estudado esse assunto nos tutoriais do módulo.	Com relação ao sistema, 47,13% dos estudantes consideram razoavelmente fáceis a sua utilização. Não houve apontamento para o uso considerado difícil. 45,45% da amostra apontou que utiliza a <i>Internet</i> de dois a três dias na semana para buscar informações relacionadas à Medicina.	Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

SISTEMAS DE ENSINO MÉDICO	ASSUNTOS/ OBJETIVOS	DESENVOLVIMENTO	METODOLOGIA DE TESTES	RESULTADOS	UNIVERSIDADE/ CIDADE
<p><i>E-learning: estratégia educacional para profissionais da saúde</i></p> <p>(ASSAD, SILVA <i>et al.</i>, 2006.)</p>	<p>Levantar um estudo que envolve o uso de recursos tecnológicos como estratégia para treinamento em saúde, utilizando o <i>e-learning</i> auto-instrucional. Tem como objetivo mostrar a construção destes recursos mediados pelo uso do computador.</p>	<p>Esta ferramenta foi desenvolvida em flash, criando apresentações multimídia com narração sincronizada, animações, vídeos, enquetes e outros, todos no padrão internacional AICC e SCORM, a partir de uma apresentação de <i>powerpoint</i>.</p>	<p>Foram realizados treinamentos como forma de avaliar o sistema. Foi utilizado alguns recursos inovadores como a imagem em 3D e interatividade no treinamento. Os resultados encontrados são bons, pela relevância do tema e pela abrangência do público alvo em um curto período de tempo.</p>	<p>Notou-se que as novas estratégias de treinamento geram algumas dificuldades que vão desde a estrutura física necessária para avaliação até mesmo aos métodos que possam avaliar a eficácia da mesma.</p>	<p>Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein, São Paulo</p>
<p>VirtuaFis - Ambiente Virtual de Ensino de Fisioterapia</p> <p>(FERNANDES, COELHO <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p>O objetivo geral do artigo é o desenvolvimento de um ambiente virtual para ensino de Fisioterapia. Visa suprir a necessidade cada vez mais urgente de estimular o raciocínio e a capacidade crítica do aluno através de situações problema, com níveis crescentes de complexidade.</p>	<p>Pesquisa das ferramentas existentes, levantamento dos requisitos funcionais, confecção do material didático, estabelecimento de cenários a serem simulados, implementação do ambiente e teste de viabilidade.</p> <p>É uma ferramenta <i>open source</i> (Código aberto). O banco de dados utilizado foi o <i>PostgreSQL</i> e a linguagem de programação usada foi o Java.</p>	<p>Não consta.</p>	<p>O sistema encontra-se em fase de desenvolvimento, sendo que a etapa de implementação da simulação dos casos será a mais longa. Espera-se que em março de 2007 seja possível realizar a validação e teste da ferramenta junto a uma comunidade de alunos de Fisioterapia.</p>	<p>Universidade do Vale do Itajaí/ Santa Catarina</p>

SISTEMAS DE ENSINO MÉDICO	ASSUNTOS/ OBJETIVOS	DESENVOLVIMENTO	METODOLOGIA DE TESTES	RESULTADOS	UNIVERSIDADE/ CIDADE
<p>Requisitos para Ambientes de Apoio ao Ensino em Saúde</p> <p>(RODRIGUES e BASTOS, 2006)</p>	<p>A proposta é da criação de um ambiente que auxilie a educação na área de saúde, utilizando interação síncrona onde os estudantes possam trocar informações entre si e com os tutores, bem como interação assíncrona, direcionando dúvidas aos tutores quando estes não estiverem disponíveis.</p>	<p>A metodologia PBL (Aprendizagem baseada em problemas) visa fornecer aprendizagem eficaz, onde haja aumento de retenção de informação e maior habilidade para aplicar conhecimento em contextos clínicos, e principalmente desenvolvimento de hábitos de aprendizagem vitalícios.</p> <p>A avaliação poderá ser feita através de Jogos (Quis) onde os alunos terão um tempo determinado para responder cada questão. Inicialmente para validação do Sistema serão utilizados problemas voltados para o ensino de Ginecologia no módulo Saúde da Mulher, porém o Sistema não será exclusivamente para este módulo.</p>	<p>Não consta.</p>	<p>Não consta.</p>	<p>PUC/Paraná</p>

2.4.2.3 Síntese geral da Tabela 2.5

Na Tabela 2.5 encontra-se uma seleção de artigos que descrevem recursos de ensino à distância na área de saúde no Brasil.

Dos assuntos abordados pode-se destacar a plataforma para ensino de neuroanatomia, desenvolvimento de um portal para ensino na área de saúde, discussões sobre informática médica e o futuro dos profissionais em medicina no país. Também pode ser encontrado uma proposta de implementação de um ambiente para ensino médico denominada AMPLIA, metodologia de avaliação para sistemas de ensino virtual, sítios de apoio à educação em medicina através da *Internet* e um ambiente para ensino virtual de Fisioterapia.

Para o desenvolvimento dos sistemas foram usadas como linguagem o *Delphi*, banco de dados *PostgreSQL*, Java e metodologia PBL (Aprendizagem baseada em problemas). A metodologia de teste é apresentada em 50% dos artigos, sendo que em apenas 30% destes são mostrados a quantidade de estudantes que foram submetidos a avaliação.

Os resultados descritos em 40% dos trabalhos pesquisados são bastante satisfatórios. Foram apontados facilidade de utilização, acessibilidade da *Internet* pelos estudantes e também problemas como estrutura física, falta de interação entre alunos / desenvolvimento de sistemas com qualidade de *software*.

2.4.3 Dificuldades enfrentadas no ensino

Muitas são as dificuldades enfrentadas no ensino em Engenharia Biomédica. (HARRIS, BRANSFORD *et al.*, 2002) levantam algumas barreiras existentes:

a) Barreira 1 – Ensino Interdisciplinar

Os problemas de fundo educacional existentes na Engenharia Biomédica são causados pela sua interdisciplinaridade. O peso matemático da engenharia, misturado com parte médica através de disciplinas como Anatomia Humana, gera uma grande dificuldade para os estudantes. Sabe-se que para cursos biológicos raramente são incorporados aos seus currículos disciplinas relacionadas à matemática.

b) Barreira 2 – Experiência dos docentes

Membros do corpo docente de Engenharia Biomédica trazem um excelente conhecimento na área, mas apenas sua experiência como pesquisadores não lhes fornece a preparação necessária para uma carreira em ensino superior. Dificuldades significativas permanecem entre a teoria educacional e a prática, sendo que a preocupação deveria estar na formação do pedagogo, iniciando-se pelo corpo docente.

c) Barreira 3 – Educação Tecnológica

Apenas 25% dos professores usam recursos de tecnologia na sala de aula. Há numerosas barreiras, mas a disponibilidade de bens materiais e a falta de conhecimento são as mais preocupantes. Uma barreira que se deve considerar é a lentidão com que os editores tradicionais estão estimulando o desenvolvimento e começando a disseminação digital.

d) Barreira 4 – A prática acadêmica e industrial

Este problema é particularmente agudo em Engenharia Biomédica devido à clara imaturidade de certos aspectos do campo e à separação existente entre a indústria e o trabalho acadêmico.

Por causa do crescimento explosivo no meio científico, os estudantes de hoje necessitam constante reciclagem de conhecimento. Como resultado disso, eles devem entender os fundamentos de várias disciplinas, tendo a capacidade de integrar tal conhecimento na sua área. (HUANG, 2004)

2.5 O Ensino em Neurociências

2.5.1 Introdução

Os progressos científicos e as pressões sociais, econômicas e políticas estão transformando os modelos da prática neurológica, com consequências sobre a qualidade global dos cuidados prestados e sobre o próprio ensino de Neurologia. Uma grande parte dos neurologistas começa, pois, a reconhecer a necessidade de refletir e reformular as estratégias educacionais, para responder futuramente a todos estes novos desafios. (RORIZ e NUNES, 2006)

Para (COUSENS e MUIR, 2006), nos cursos médicos e biomédicos, devia-se encorajar que os estudantes considerassem a natureza interdisciplinar da neurociência, transcendendo limites disciplinares tradicionais. Eles deveriam promover fluência de dados e o desenvolvimento de habilidades computacionais necessários para trabalhar com conceitos crescentemente complexos e padrões de dados.

Na área médica e científica, a *Internet* tem figurado como um ambiente essencial, não somente para difusão da informação, mas também para a cooperação entre instituições. Ela tem permitido ao profissional desta área pensar e agir a nível global, gerando maior eficiência e rapidez, produtos de valor para a comunidade (CARDOSO, 1998b).

Há um desejo nas escolas por informação sobre neurociências, e atualmente existem grandes pacotes de programas. A velocidade com a qual tais pacotes ganharam lugar nas universidades, mundialmente, é surpreendente (GOSWAMI, 2006).

O ensino de neurociência pode ser grandemente aumentado incorporando simulações realísticas e interativas para as funções neurais. (EVYATAR AVRON, 2006).

2.5.2 Estudo de Caso: Neuroanatomia

2.5.2.1 Introdução

A *World Wide Web* (www) traz um enorme banco de dados de informação à sala de aula. Tais recursos fazem uso de hipermídia, em que imagens dinâmicas, som ou recursos de textos e referências eletrônicas são mais fáceis de procurar e atualizar. Conferências virtuais provêem oportunidades síncronas e assíncronas para estudantes resolverem problemas de engenharia ou escrever sobre o trabalho deles mesmos, discutindo isso com colegas e peritos localmente distantes (HARRIS, BRANSFORD *et al.*, 2002).

Para (INZUNZA e BRAVO, 2000), a Anatomia é a base de todos os ramos da ciência médica. Lamentavelmente, para este conhecimento tão extenso, dispõe-se de pouco tempo para seu ensino em universidades. Este fato leva à necessidade de apresentar o conhecimento anatômico de uma forma concisa e atraente, mostrando a importância clínica e a utilidade prática de tais materiais. De fato, pode-se afirmar que hoje em dia o tempo é bastante escasso para aprendizagem dela. Deste modo, os professores estão frente a um compromisso complicado entre concisão e contextualização (INZUNZA e BRAVO, 2002).

Nos últimos anos tem sido possível encontrar diferentes sistemas educativos para o curso de anatomia. Algumas escolas de medicina têm cometido o erro de utilizar esse tipo de tecnologia sem antes analisá-la. No trabalho de (INZUNZA e BRAVO, 1999), é realizada uma análise do impacto dos *softwares* de ensino, particularmente quanto ao reconhecimento prático de estruturas anatômicas.

O modelo educacional das universidades tem permanecido estático e resistente a mudanças por muitas décadas. Os professores utilizam sempre os mesmos tipos de aulas e as mesmas abordagens educacionais, sem inová-las, e continuam a centralizar o aprendizado em si (CARDOSO, 1998a).

Entretanto, com o crescimento da tecnologia de ensino baseada na *web*, surgem ferramentas para auxiliar o ensino de certas disciplinas, como Neuroanatomia e Biofísica. Dentro deste contexto, as mudanças começam a acontecer, e a cada dia os cursos biomédicos se tornam inseridos neste processo.

Dez anos atrás, a Associação Americana de Escolas Médicas declarou ser importante que as escolas de medicina promovessem o uso efetivo da informática entre seus alunos e docentes. De fato, durante esse período, os recursos da informática deixaram de ser uma novidade para se tornarem uma ferramenta indispensável e rotineira em várias disciplinas das escolas médicas dos Estados Unidos. Estudos recentes constataram que o conhecimento de informática dos alunos ingressantes nos cursos médicos tende a aumentar em relação aos últimos anos (MIRISOLA e LANGONE, 1999). De fato, dentre as disciplinas do primeiro ano dos cursos da área da saúde, a Anatomia é uma das mais apropriadas para a introdução do estudante à informática.

Até o presente, na maioria das escolas médicas do Brasil, a Anatomia vem sendo ensinada através de aulas expositivas, gravuras, diapositivos, Atlas, livros textos, que nem sempre podem ficar à disposição dos estudantes para estudo ou revisão, ou cortes histológicos e peças dissecadas, são de difícil compreensão para a maioria dos alunos ingressantes. Na Neuroanatomia, particularmente, esse dado é muito importante, pois, mais do que em qualquer outro sistema, o estudo da morfologia não pode ser dissociado da função (MIRISOLA e LANGONE, 1999). No caso do curso médico, faz-se necessário muitas vezes a abordagem de aspectos patológicos e clínicos para a uma melhor compreensão, obrigando o estudante a estudar conceitos novos, que exigem um esforço maior em seu aprendizado.

2.5.2.2 O Ensino de Anatomia através do computador

Uma descrição dos sítios mais usados mundialmente encontra-se na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Atlas Anatômicos acessados através da Internet

Sítios	Objetivo do Sítio	Material Disponibilizado	Características Informáticas	Conexão Clínica	Custo
Sítio 3D Modelos Anatômicos URL 1	Disponibilizar modelos anatômicos em 3D para educadores, estudantes, médicos e pacientes.	São oferecidas duas séries de dados anatômicos em 3D. Um jogo elaborado com partes do corpo virtuais, além de modelos 3D do corpo inteiro, expandindo ao nível celular.	Oferece sete extensões compatíveis com diversos programas como <i>Solidworks</i> , <i>ProE</i> , <i>Catia</i> , etc.	Somente Modelos 3D anatômicos.	Versão Profissional e completa por €998
Sítio de Anatomia Humana por Hipocrates URL 2	Fornecer conceitos das diversas partes anatômicas do corpo com imagens e textos.	Material sobre anatomia humana, mostrado em textos e figuras.	Página <i>web</i> simples para o acesso a conteúdo.	Mostra somente conceitos de anatomia, não aplicando em doenças clínicas.	Acesso gratuito e livre
Atlas de Anatomia URL 3	Sistema fornecido pela Universidade Washington no departamento de Biologia. Tem como objetivo a organização das partes anatômicas em formato 3D, propondo interação com o usuário.	Possui fotos de peças, imagens e desenhos / filmes construídos em 3D. Possui também um jogo de perguntas em relação aos temas fornecidos no sítio.	Requer <i>Java Web Start</i> para rodar algumas animações.	Relacionam-se algumas patologias como AVC, meningiomas.	Acesso gratuito e livre

Sítios	Objetivo do Sítio	Material Disponibilizado	Características Informáticas	Conexão Clínica	Custo
<p>Tutorial em Neurociências</p> <p>URL 4</p>	<p>Fornecer um tutorial com teoria de Neuroanatomia e correlação funcional de suas estruturas.</p>	<p>Neste tutorial são encontrados tópicos diversos em Neuroanatomia como: sistema nervoso, cerebelo, memória, nervos cranianos, visão e retina, e outros.</p>	<p><i>Webpage</i> simples para o acesso ao conteúdo.</p>	<p>Faz relação com as funções estruturais.</p>	<p>Acesso gratuito e livre</p>
<p>Conjunto de Projetos dos Estudantes</p> <p>URL 5</p>	<p>É uma coleção de projetos multimídia em ensino médico. Desenvolvido por estudantes de medicina. O objetivo principal deste sítio é ser uma fonte de informação para profissionais da área médica, educadores e pacientes.</p>	<p>Possui diversos <i>links</i> na área de neurociências como: tumores cerebrais, estrutura do cérebro humano, fotos de peças dissecadas, explicação anatômica das estruturas, Neuropatologias, e outros <i>links</i> em diversas áreas.</p>	<p>Página <i>web</i> simples para o acesso aos projetos dos alunos.</p>	<p>Faz relação com diversas patologias e ainda fornece <i>links</i> específicos como neuropatologias.</p>	<p>Acesso gratuito e livre</p>
<p>Departamento de Neurobiologia (Faculdade de Arkansas)</p> <p>URL 6</p>	<p>O objetivo deste sítio é satisfazer a necessidade de centralização das funções administrativas na sustentação de programas anatômicos dentro do departamento de Neurobiologia.</p>	<p>Três cursos são disponibilizados no sítio:</p> <ol style="list-style-type: none"> Anatomia Humana Anatomia microscópica Neurociência Médica 	<p>Oferece um banco de dados de imagens muito rico em detalhes e de boa qualidade. Todo o seu conteúdo pode ser acessado via <i>web</i>, até mesmo com acesso discado. Não necessita de nenhum outro hardware ou <i>software</i> adicional.</p>	<p>Não possui conexão clínica.</p>	<p>Acesso gratuito e livre</p>

Sítios	Objetivo do Sítio	Material Disponibilizado	Características Informáticas	Conexão Clínica	Custo
Atlas de Neuroanatomia Humana da Universidade de Texas URL 7	Oferecer fotos reais de Neuroanatomia, como também conceitualização das partes envolvidas de forma interativa.	O Atlas fornece cortes de imagens de: Medula Espinal, cérebro, diencéfalo, Hipotálamo, etc.	O Atlas é constituído de três quadros. O primeiro, do lado esquerdo, contém o menu, o inferior retorna o nome da parte selecionada no mouse e o frame central, onde é visualizada a imagem.	Não possui conexão clínica.	Acesso gratuito e livre
Atlas Cerebral de Universidade de Harvard URL 8	O Objetivo deste Atlas é disponibilizar diferentes formas de visualização de imagens 2D, em três ângulos de visão diferente.	No Atlas, além de um grande número de imagens disponibilizadas, o usuário tem a opção de visualização em 3 ângulos diferentes de diversas partes cerebrais.	Uma opção do Atlas é a visualização através de um <i>plugin JavaScript</i> , que controla o funcionamento correto da visualização com diferentes ângulos.	Faz conexão com uma série de patologias neuroanatômicas.	Acesso gratuito e livre
Atlas de Neuropatologia <i>Online</i> da Universidade de Debrecen, Hungria URL 9	Atlas bastante ilustrativo com as principais patologias na área de Neuroanatomia.	O Atlas de Neuropatologia contém as principais patologias Neurológicas como: Infarto, Hemorragias, tumores, e várias outras.	O Atlas é uma página bastante simples, mas possui um conteúdo muito bom. Com apenas uma conexão discada tem-se acesso a todo o banco.	Como se trata de um Atlas de Neuropatologia, todo o conteúdo é voltado a patologias.	Acesso gratuito e livre

Sítios	Objetivo do Sítio	Material Disponibilizado	Características Informáticas	Conexão Clínica	Custo
<p>Sistema de Imagens Patológicas da Universidade de Utah</p> <p>URL 10</p>	<p>Disponibilizar aos alunos da Universidade de Utah uma verdadeira biblioteca digital de imagens patológicas de todo corpo.</p>	<p>Algumas das doenças disponibilizadas no sistema são: Patologias cardiovasculares, Patologias do sistema nervoso central, patologias gastrointestinais, e várias outras.</p>	<p>O Atlas funciona somente como um simples menu no qual o usuário, através de um <i>link</i>, rapidamente a imagem do órgão que escolheu. Os requisitos mínimos compreendem menos acesso discado na <i>Internet</i>.</p>	<p>Patologias de todo corpo.</p>	<p>Acesso gratuito e livre</p>
<p>Sítio com reconstruções médicas em 3D</p> <p>URL 11</p>	<p>Oferecer uma coleção de clipes de filmes, mostrando várias reconstruções médicas em 3D, disponibilizando para <i>downloads</i>.</p>	<p>As imagens oferecidas no sítio correspondem a cortes oriundos de diversas imagens médicas, tais como do cérebro e do coração. Os dados bidimensionais são usados como entrada para reconstruções tridimensionais.</p>	<p>Este sítio trabalha na forma de um repositório de materiais, para acessar o estudante deverá fazer <i>download</i> do arquivo. Após isso, geralmente esses vídeos necessitam de <i>codecs</i> para sua execução.</p>	<p>Não possui conexão clínica.</p>	<p>Acesso gratuito e livre</p>

Sítios	Objetivo do Sítio	Material Disponibilizado	Características Informáticas	Conexão Clínica	Custo
<p>Homem Virtual (USP/SP)</p> <p>URL 12</p>	<p>O Homem Virtual é a arte de expressar o conhecimento científico por meio da computação gráfica tridimensional, de maneira objetiva, simples e rápida. Assim, permite a visualização dos processos biomoleculares, fisiológicos e fisiopatológicos, bem como dos mecanismos de ação dos medicamentos e das técnicas de procedimentos cirúrgicos, tanto para um público profissional quanto para a população em geral.</p>	<p>Cada módulo é desenvolvido em conjunto por <i>designers</i>, médicos e profissionais de saúde. O resultado é um conjunto de iconografias com detalhamento inédito, que permite observar a relação entre as estruturas internas do organismo ou mesmo analisá-las individualmente. Se preferir, é possível visualizar cada órgão sob diversos ângulos ou mesmo representar em transparência as estruturas mais externas ou vizinhas.</p>	<p>Usa computação gráfica em 3D e movimentos realistas do corpo humano. Não é detalhado requisitos de mínimos de hardware.</p>	<p>Possibilita ainda demonstrar patologias e procedimentos clínicos ou cirúrgicos.</p>	<p>Para se usar necessita estabelecer um Termo de Cooperação Acadêmico-educacional e a Licença de Uso do Homem Virtual.</p>

2.5.2.3 Síntese geral da Tabela 2.6

O objetivo geral encontrado nos artigos é fornecer conceitos, imagens e correlação funcional de suas estruturas. São fontes de informações para educadores, estudantes, médicos e pacientes. O assunto tratado na maioria dos sítios envolve a anatomia Humana, em 30% deles enfoca-se a Neurociência. 23% dos sítios possuem reconstruções em 3D de imagens anatômicas. Jogos de perguntas como forma de avaliar a aprendizagem são encontradas em 15% deles.

Todos os sítios fornecem uma grande variedade de imagens, porém em 45% deles há textos conceituais sobre diversos temas relacionados com as fotos das partes anatômicas. Todos os recursos fornecidos são acessados via *Internet*, através de páginas *web*. 77% dos sítios visitados não necessitam de nenhum recurso ou aplicativo adicional para acessar as informações disponíveis. No caso dos recursos em três dimensões, diversos formatos são fornecidos para acesso. E 15% dos sítios, necessita-se de um *plugin* denominado *Javawebstart* para que o conteúdo possa ser acessado.

Em 38% dos sítios, relaciona-se o conteúdo apresentado com algum tipo de patologia, o restante não realiza nenhuma conexão clínica a seus conceitos e imagens. Apenas um dos sítios pesquisados (7%) cobra taxas pelo acesso ao material, sendo que 93% oferecem acesso gratuito e livre para pessoas interessadas.

2.5.2.4 Problemas no Ensino de Neuroanatomia

Segundo (HEINZEN, R., 2004) a neuroanatomia, assim como todas as disciplinas de morfologia, enfrentam hoje problemas de ordem didática/pedagógicos, com relação a falta de peças humanas, ausência de monitores e extra-classe e dificuldades visão espacial das estruturas internas pelos alunos, conforme descritos abaixo.

1. **Falta de peças humanas:** A obtenção de cadáveres para a retirada de peças humanas requer uma série de obrigações legais, conforme o estabelecido pela Lei Federal Nº 8.501 de 30 de novembro de 1992, que dispõe sobre a utilização de cadáveres não reclamados, para fins de estudo ou pesquisas científicas.

Desse modo, a obtenção de cadáveres é realizada por doação individual/familiar (esta forma é rara) e por envio de órgãos estaduais. Estes órgãos não suprem as necessidades das Escolas Médicas e Biomédicas das universidades públicas e privadas no Brasil.

2. **Dificuldades na obtenção do Cérebro Humano:** A dificuldade na extração do encéfalo em crânios humanos leva à danificação de muitas estruturas aderidas internamente ao mesmo, pela técnica utilizada através do osteótomo, para abrir a calota craniana; ou mesmo pela má fixação do encéfalo como um todo.
3. **Durabilidade:** O encéfalo, conservado em Formol à 10%, tem consistência frágil, sofrendo fácil laceração ao manuseio.
4. **Falta de alunos monitores no auxílio do ensino:** O problema é derivado da falta de disponibilidade de pessoal no assessoramento dos professores durante as aulas e extra-classe. Um dos motivos é devido aos choques de horário com as demais disciplinas do currículo dos cursos que realizam, já que forçam os alunos a abandonar a monitoria, muitas vezes, no momento em que já estão preparados.
5. **Dificuldade na visualização dos processos:** Estruturas internas do cérebro são difíceis de serem visualizados em cortes anatômicos. Outro problema se refere a entender como se dão os processos biofísicos do sistema nervoso.

2.5.3 Estudo de Caso: Neurofisiologia

2.5.3.1 Introdução

Como legado da década do Cérebro, é hoje seguro antecipar que a genética e a biologia molecular serão o motor dos mais importantes progressos futuros das neurociências, modificando a forma de encarar e pensar a mente humana. Se o século XX foi o berço da Neurologia moderna, o século XXI será a sua escola, tornando-se claro que se deve esperar o inesperado da Neurologia do século XXI. (RORIZ e NUNES, 2006)

Os princípios de Neurofisiologia continuam sendo tópicos desafiadores para a educação em neurociências de estudantes universitários (RAMOS, MOISEFF *et al.*, 2007). De fato, mesmo que o neurologista pudesse prescindir de outras áreas de conhecimento para que determinado conjunto de sintomas pudessem ser tratados pela arte da medicina, os conhecimentos específicos sobre neuroanatomia e neurofisiologia propiciam significativos incrementos na eficiência do tratamento. (RAMOS, MOISEFF *et al.*, 2007)

2.5.3.2 O Ensino Neurofisiológico

O último século veio revolucionar o modo como hoje são vistas e entendidas as funções (e disfunções) do nosso sistema nervoso. Os progressos observados nas áreas da neuroimagem e da neurofisiologia permitiram um novo fôlego aos projetos ancestrais de correlacionar localização e função, resultando em grandes avanços na identificação e diagnóstico da grande parte dos distúrbios que agora sabemos reconhecer. (RORIZ e NUNES, 2006)

Um dos meios mais efetivos para se alcançar a aprendizagem em processos neurofisiológicos é por meio de experiências ao redor de problemas interessantes em nossa própria pesquisa. (COUSENS e MUIR, 2006)

Como modo de facilitar a aprendizagem em Neurofisiologia, (OLIVO, 2003) criou um laboratório *online* para o estudo de neurofisiologia. Neste sistema os estudantes podem escolher maneiras de navegação a imagens e vídeos, dependendo das necessidades deles. Um banco de imagens é exibido com tamanho reduzido e se os alunos precisarem de um detalhe adicional, cada imagem é ligada a uma versão aumentada de si mesmo. Assim os estudantes conseguem acessar camadas mais profundas de imagens.

Outro projeto muito interessante é o chamado “Neurônio em Ação”, um ambiente de simulação que modela neurônios baseado em equações que descrevem o seu funcionamento. Um dos grandes atributos dele é que os materiais disponibilizados provêm uma perspectiva histórica em experiências e experimentos. (STUART, 2004)

Segundo (EVYATAR AV-RON, 2006), os estudantes aprendem melhor por atividades que requerem a participação direta deles. Através do uso de simulações como ferramenta de aprendizagem em neurofisiologia, os alunos envolvem-se na atividade e obtêm avaliações imediatas sobre seu conhecimento. Modelos biofísicos e simulações de computador podem ser usadas por pedagogos e estudantes para explorar uma variedade de princípios básicos de neurociência.

2.5.3.3 Problemas no Ensino de Neurofisiologia

Problemas principais encontrados no ensino de Neurofisiologia:

- Visualização dos conceitos e processos fisiológicos.
- Escassez de literatura nacional sobre o tema;

2.6 Conclusão Geral

A tecnologia tem impulsionado transformações culturais, entre estas transformações emerge a necessidade de o indivíduo desenvolver habilidades essenciais de cooperação e interação, qualificando os profissionais para atuarem em uma sociedade desafiadora e contemporânea. Hoje um médico não basta saber diagnosticar um paciente, precisa saber manipular equipamentos informáticos cada vez mais presentes em seu cotidiano.

A Informática médica e educativa está hoje presente na maioria das escolas médicas do Brasil. Além de fornecer aproximações pedagógicas que suportam personalização de conteúdo, flexibilidade e centralização da aprendizagem, o aluno acessa a informação a qualquer horário e lugar, estando este inserido no Ensino à distância.

Neste contexto, o Ensino à distância está no coração do ensino universitário mundial. Na maioria das universidades, já existem sistemas via *Internet* que apóiam atividades pedagógicas. Alguns desses sistemas são depositórios de materiais educacionais, que apóiam os professores e alunos. Com o surgimento das plataformas de EAD, surge-se a possibilidade do fornecimento de vários recursos para o estudante, como calendários, notícias, fóruns, bate-papos, avaliações *online* e até mesmo possibilitando a comunicação entre os usuários.

As vantagens do uso de computadores no ensino são:

- O próprio aluno dirige o seu aprendizado, trilhando o caminho que preferir;
- Avaliações rápidas de alunos, verificando seu conhecimento em determinado conteúdo e capacidade para práticas virtuais;
- Possibilidade de unir textos, gráficos, sons, vídeos e animações;
- Superação dos obstáculos geográficos quando conectado a *Internet*;

Desvantagens na utilização do ensino a distância:

- A falta de interação entre professor e aluno presencialmente, levando a um empobrecimento da troca direta de experiências proporcionada pela relação educativa pessoal;
- A falta do convívio entre alunos, questionando se apenas videoconferências suprem essa necessidade;
- Problemas em avaliar o conhecimento do aluno virtualmente;
- Problemas da homogeneidade dos materiais instrucionais;
- Evasão dos cursos entre 60% e 90% dos alunos.

Quanto à legislação brasileira, o credenciamento é realizado pelo Ministério da Educação (MEC). Para tal, fica fixado através da Lei de diretrizes e bases da Educação Nacional (Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996) regulamentações distintas para o ensino em três níveis:

1. Ensino fundamental, médio e técnico à distância: as propostas devem ser encaminhadas ao órgão do sistema municipal ou estadual responsável pelo credenciamento de instituições e autorização de cursos;
2. Ensino superior (Graduação) e educação profissional em nível tecnológico: Credenciamento realizado em análise por uma comissão de especialistas na área do curso em questão;
3. Pós-graduação à distância: Apenas instituições credenciadas pela União;

Nos cursos de Engenharia Biomédica, a grande dificuldade enfrentada está no ensino de disciplinas médicas para os alunos. Tem-se o exemplo da disciplina de Anatomia Humana, em que os estudantes, além de estudarem as estruturas anatômicas, precisam entender fisiologicamente qual o papel destas. Para um aluno acostumado a um curso extremamente matemático, muitas dificuldades de aprendizagem tendem a surgir devido a essa interdisciplinaridade.

Várias linhas de pesquisa têm sido desenvolvidas no mundo:

1. *Software* de simulação de um sistema de radiografia. (FANTI, MARZEDDU *et al.*, 2005)
2. Programa de pós-graduação da Universidade de Adelaide. (POLLARD, 2005)

3. Curso de Física Médica para diagnóstico e propósitos terapêuticos. (JONSSON, 2005)
4. TELEMATE: Curso de Tecnologias ligadas a Medicina. (TURNER-SMITH e DEVLIN, 2005)
5. ESMERALDA: Plataforma de materiais e treinamento em físicas médicas, medicina nuclear e radioterapia. (PALLIKARAKIS, 2005)
6. EMITEL: Enciclopédia para termos técnicos voltados para medicina e tecnologia. (TABAKOV, LEWIS *et al.*, 2007)
7. E-HECE: Ensino superior em Engenharia Clínica. Plataforma de EAD com videoconferência e outros recursos. (INCHINGOLO, LONDERO *et al.*, 2007)
8. EVICAB: Campus virtual europeu para Engenharia Biomédica. (LINDROOS, MALMIVUO *et al.*, 2007)

Destes sistemas citados, todos são direcionados para ensino à distância na área de Engenharia Biomédica. Iniciaram-se a nível presencial e se tornaram à distância. No início eram apenas repositórios de conteúdo, servindo para suporte e troca de arquivos entre professores e alunos. Poucos artigos discutem uma filosofia pedagógica. Os recursos de *hardware* e *software* também são pouco discutidos, exigindo-se apenas acesso à *Internet*, se possível com serviço de banda larga.

Na Tabela 2.4, 36% dos artigos não fornece o número de estudantes entrevistados ou que responderam ao questionário de avaliação. Grande parte deles não discute uma metodologia de testes para seus sistemas (45,5%), e o tempo de aplicação foi demonstrado em apenas 36,5%. Em média, para os artigos que apresentaram algum resultado de avaliação, 100 estudantes foram entrevistados durante 2 meses em média, obtendo-se índices de aprovação de 86%.

A Tabela 2.5 mostra uma seleção de artigos que descrevem recursos de ensino a distância na área de saúde, no Brasil. A metodologia de teste é apresentada em 50% deles, sendo que em apenas 30% destes são mostradas a quantidade de estudantes que foram submetidos à avaliação. Os resultados são descritos em 40% dos trabalhos pesquisados, e são bastante satisfatórios. Foram apontadas vantagens como facilidade de utilização, acessibilidade da *Internet* pelos estudantes e também problemas como estrutura física, falta de interação entre alunos / desenvolvimento de sistemas com qualidade de *software*.

Algumas das barreiras encontradas no ensino em Engenharia Biomédica são:

1. Ensino Interdisciplinar: A matemática misturada com conceitos biomédicos gera dificuldades de aprendizagem para muitos alunos.
2. Experiência dos docentes: Falta de experiência na prática de muitos docentes, que possuem conhecimento técnico, mas sem embasamento pedagógico.
3. Educação Tecnológica: Apenas 25% dos professores usam recursos tecnológicos em sala de aula;
4. Relação acadêmica com empresas: Problema da separação entre empresas e universidades.

O modelo educacional quem vem sendo utilizado nas universidades nesta área tem permanecido estático e resistente a mudanças por muitas décadas. Entretanto, com o crescimento da tecnologia de ensino baseado na *web*, surgem ferramentas para auxiliar o ensino de certas disciplinas, como Neuroanatomia e Biofísica. A cada dia os cursos médicos e biomédicos se tornam inseridos neste processo.

A Tabela 2.6 faz uma relação das iniciativas dedicadas ao ensino de Neuroanatomia, sendo o objetivo dos sítios fornecer conceitos, imagens e correlação funcional de suas estruturas. São fontes de informação para educadores, estudantes, médicos e pacientes. 23% dos sítios possuem reconstruções em 3D, e 15%, jogos de perguntas para teste de aprendizagem. Deve-se destacar o fato que apenas 45% dos sítios apresentam textos acompanhando as imagens, e que 38% das iniciativas estabelecem conexão lógica entre anatomia e clínica.

Os problemas relatados no ensino de Neuroanatomia são:

- Falta de peças humanas;
- Dificuldades na obtenção do cérebro humano;
- Durabilidade do encéfalo;
- Falta de alunos treinados como monitores;
- Dificuldade na visualização dos processos;

No caso da Biofísica, especificamente no ensino neurofisiológico, a grande dificuldade reside na complexidade dos processos em incluindo a escassez de literatura nacional sobre o tema.

Em síntese, seja de ponto de vista das iniciativas educacionais em Engenharia Biomédica e em Neuroanatomia, em nível internacional, seja do ponto de vista das iniciativas em saúde, no Brasil, fica claramente caracterizada a ausência de projetos de implementação e de avaliação pedagógica estruturados, que contemplem diversos tipos de estudantes ao mesmo tempo (e não apenas aqueles com uma única formação) durante um período de tempo pré-estabelecido. Particularmente, no que se refere à Neuroanatomia, deve-se destacar a baixa quantidade de iniciativas que oferecem textos acompanhando as imagens, incluindo conexão entre clínica (patologias) e estruturas anatômicas.

Como forma de suprir tais necessidades e desafios, os próximos capítulos descrevem o desenvolvimento de um Atlas de Neuroanatomia, com fotografias de peças existentes no laboratório de Anatomia Humana da Universidade Federal de Uberlândia. Além disso, criou-se uma multimídia de Biofísica para cumprir o papel de ponte de ensino entre estudante e professor, permitindo a visualização facilitada dos processos neurofisiológicos, como também textos conceituais, podendo ser considerada um instrumento de estudo.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. A. F. **Hipertômatos na Computação aplicada à Educação**. (Tese de doutorado). Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina,, Florianópolis, 2002. 200 p.

ASIMOPOULOS, N. D., K. I. NATHANAIL, *et al.* A network-based electrical engineering laboratory. **International Journal on E-Learning**, v.6, n.1, p. 41(13). 2007

ASSAD, A. L., A. M. D. SILVA, *et al.* **E-learning: estratégia educacional para profissionais da saúde**. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Florianópolis - SC: Apresentação de Posters, 2006. ISBN: 85-60391-00-2

BOTELHO, M. L. A., D. F. CUNHA, *et al.* **Avaliação de um Sistema Desenvolvido para o Ensino Virtual**. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Florianópolis - SC, 2006. ISBN: 85-60391-00-2

BROPHY, S. P. Constructing shareable learning materials in bioengineering education. **IEEE Eng Med Biol Mag**, v.22, p. p.39-46. 2003

CARDOSO, S. H. Educação Médica à Distância pela Internet. **Revista Informática Médica**, v.01, n.05, p. 1-4. 1998a

_____. Internet e as Neurociências. **Revista Informática Médica**, v.01, n.03, p. 5-8. 1998b

CHIRICO, M., A. M. SCAPOLLA, *et al.* A New and Open Model to Share Laboratories on the Internet. **IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT**, v.54, n.3, p. 1111-1117. 2005

CHITTARO, L. e R. RANON. Adaptive Hypermedia Techniques for 3D Educational Virtual Environments. **Intelligent Educational Systems**. v. 22, n. 4, pp. 31-37, 2007

COUSENS, G. A. e G. M. MUIR. Using Extracellular Single-unit Electrophysiological Data as a Substrate for Investigative Laboratory Exercises. **The Journal of Undergraduate Neuroscience Education** v.4, n.2, p. 68-73. 2006

EVYATAR AV-RON, J. H. B., AND DOUGLAS A. BAXTER. Teaching Basic Principles of Neuroscience with Computer Simulations. **The Journal of Undergraduate Neuroscience Education** v.4, n.2, p. 40-52. 2006

FALQUETO, J., R. P. S. HEINZEN, *et al.* **Ambiente virtual de aprendizagem de Neuroanatomia usando Inteligência Artificial**. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Florianópolis - SC, 2006. ISBN: 85-60391-00-2

FANTI, V., R. MARZEDDU, *et al.* A simulation tool to support teaching and learning the operation of X-ray imaging systems. **Medical Engineering & Physics**, v.27, n.7, p. 555-559. 2005

FERNANDES, A. M. D. R., S. V. D. L. COELHO, *et al.* **VirtuaFis - Ambiente Virtual de Ensino de Fisioterapia**. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Florianópolis - SC, 2006. ISBN: 85-60391-00-2

FERNANDES, A. M. D. R., B. G. MOREIRA, *et al.* **Um portal de ensino web 2.0 na área da saúde**. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Florianópolis - SC, 2006. ISBN: 85-60391-00-2

FLORES, C. D., L. J. D. SEIXAS, *et al.* **AMPLIA: Uma proposta para a informática na Educação Médica**. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Florianópolis - SC, 2006. 6 ISBN: 85-60391-00-2

FONSECA, L. **Tecnologia na Escola**. Disponível em: <<http://www.aescola.com.br>>
Acessado em: 05 de junho de 2006.

FRIEDLAND, G. e K. PAULS. Architecting Multimedia Environments for Teaching. **IEE Computer**. v. 38, n. 6, pp. 57-64, 2005

GOSWAMI, U. Neuroscience and education: from research to practice? **Nature Reviews Neuroscience** 7, p. 406-413, 2006

HARRIS, T. R., J. BRANSFORD, *et al.* Roles for learning sciences and learning technologies in biomedical engineering education: a review of recent advances. **Ann Rev Biomed Eng**, v.4, p. 29-48. 2002

HEINZEN, R. P. S. **Uma Proposta de Modelo de Ambiente Virtual Para a Aprendizagem de Neuroanatomia.** (Tese de Doutorado). Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. 140 p.

HOWARD, L. Adaptive Learning Technologies for Bioengineering Education. **IEEE Eng Med Biol Mag**, v.22, p. 58-65. 2003

HUANG, C. Virtual Labs: E-Learning for Tomorrow. **PLoS Biology**, v.2, n.6, p. 734-735. 2004

INCHINGOLO, P., F. LONDERO, *et al.* The E-HECE e-Learning Experience in BME Education. **11th Mediterranean Conference on Medical and Biomedical Engineering and Computing** v.16, n.30, p. 1107-1110. 2007

INZUNZA, O. e H. BRAVO. Impacto de dos programas computacionales de anatomia humana en el rendimiento del conocimiento practico de los alumnos. **Rev. chil. anat.** v. 17, n. 2, pp. 205-209, 1999

_____. Evaluación de dos programas computacionales desarrollados para la docencia en anatomía humana. **V Congreso IberoAmericano de Informática Educativa.** v. 17, n. 2, pp. 205-209, 2000

_____. Animación Computacional de Fotografías, un real aporte al aprendizaje práctico de Anatomia Humana. **Revista Chilena de anatomia**, v.20, n.2, p. 151-157. 2002

JONSSON, B.-A. A case study of successful e-learning: A web-based distance course in medical physics held for school teachers of the upper secondary level. **Medical Engineering & Physics**, v.27, n.7, p. 571-581. 2005

KREUTZ, L. S. **Modelo Computacional para Ensino de Fisiologia Cardiovascular**. (Tese de mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. 120 p.

LINDROOS, K., J. MALMIVUO, *et al.* Web-based Supporting Material for Biomedical Engineering Education. **11th Mediterranean Conference on Medical and Biomedical Engineering and Computing** v.16, n.30, p. 1111-1114. 2007

MARCHAUKOSKI, J. N., H. PEDRINI, *et al.* **Uma Plataforma de Ensino e Pesquisa para a Área Médica**. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Florianópolis - SC, 2006. ISBN: 85-60391-00-2

MATTEI, C. **O prazer de aprender com a informática na educação infantil**. (Tese de Mestrado). Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. 96 p.

MIRISOLA, L. G. B. e F. LANGONE. Ensinando Neuroanatomia Com o Computador. **Revista Informática Médica**. v. 02, n. 01, pp. 13-16, 1999

OLIVO, R. F. An Online Lab Manual for Neurophysiology. **The Journal of Undergraduate Neuroscience Education**, v.1, n.1, p. 16-22. 2003

PALLIKARAKIS, N. Development and evaluation of an ODL course on Medical Image Processing. **Medical Engineering & Physics**, v.27, n.7, p. 549-554. 2005

PASSERINO, L. M. **Informática na Educação Infantil: Perspectivas e possibilidades**. (Tese de mestrado). Departamento de Informática, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Florianópolis, 2001. 135 p.

PIAGET, J. **A Linguagem e o Pensamento na Criança**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura. 1959. 307 p.

POLLARD, J. A research program in medical physics for remote students. **Medical Engineering & Physics**, v.27, n.7, p. 599-603. 2005

RAMOS, R. L., A. MOISEFF, *et al.* Utility and Versatility of Extracellular Recordings from the Cockroach for Neurophysiological Instruction and Demonstration. **The Journal of Undergraduate Neuroscience Education** v.5, n.2, p. 28-34. 2007

REIS, M. A. M. **Habilidade em informática dos futuros médicos: a Internet basta? X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**. Florianópolis - SC., 2006. ISBN: 85-60391-00-2

REISETTER, M., L. LAPOINTE, *et al.* The impact of altered realities: implications of online delivery for learners' interactions, expectations, and learning skills. **International Journal on E-Learning**, v.6, n.1, p. 55(26). 2007

RODRIGUES, A. P., V. F. AMARAL, *et al.* **Apoio à Educação em Medicina através da Internet**. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Florianópolis - SC, 2006. ISBN: 85-60391-00-2

RODRIGUES, A. P. e L. C. BASTOS. **Requisitos para Ambientes de Apoio ao Ensino em Saúde**. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Florianópolis - SC, 2006. ISBN: 85-60391-00-2

RODRÍGUEZ, D., M. Á. SICILIA, *et al.* E-Learning in Project Management Using Simulation Models: A Case Study Based on the Replication of an Experiment. **IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION**, v.49, n.2, p. 451-463. 2006

RORIZ, J. M. e B. NUNES. Neurology in the 21st century [A Neurologia no Século XXI]. **Sinapse** v.6, n.1, p. 4-17. 2006

ROVAI, A. P., M. K. PONTON, *et al.* A comparative analysis of student motivation in traditional classroom and e-learning courses. **International Journal on E-Learning**, v.6, n.3, p. 413(20). 2007

SALERUD, E. G. e M. ILIAS. Biomedical Engineering Education, Virtual Campuses and the Bologna Process. **11th Mediterranean Conference on Medical and Biomedical Engineering and Computing** v.16, n.30, p. 1122-1125. 2007

SETTE, S. S. **Formação de Professores em Informática na Educação**. Disponível em: <<http://www.proinfo.gov.br>>. Acessado em 10 Out. 2005

SIMPSON, D. M., A. DE STEFANO, *et al.* Demystifying Biomedical Signals: A student centred approach to learning signal processing. **Medical Engineering & Physics**, v.27, n.7, p. 583-589. 2005

SOUZA, L. S. H. **O uso da internet como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem da engenharia de transportes**. (Tese de mestrado). Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001. 130 p.

SOUZA, M. F. C. D. **Um Ambiente de Apoio à Seleção de Software Educativo**. (Tese de Mestrado). Departamento de Computação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil 2006. 80 p.

SPRAWLS, P. Re-engineering the process of medical imaging physics and technology education and training. **Medical Engineering & Physics**, v.27, n.7, p. 625-632. 2005

STOEVA, M. e A. CVETKOV. e-Learning system ERM for medical radiation physics education. **Medical Engineering & Physics**, v.27, n.7, p. 605-609. 2005

STUART, J. W. M. A. A. E. Neurons In Action: Computer Simulations with NeuroLab. **The Journal of Undergraduate Neuroscience Education**, v.2, n.2, p. 6-7. 2004

TABAKOV, S. e-Learning in Medical Engineering and Physics. **Medical Engineering & Physics**, v.27, n.7, p. 543-547. 2005

TABAKOV, S., C. A. LEWIS, *et al.* EMITEL – an e-Encyclopedia for Medical Imaging Technology. **11th Mediterranean Conference on Medical and Biomedical Engineering and Computing** v.16, n.10, p. 1-2. 2007

TURKER, A., I. GORGUN, *et al.* The challenge of content creation to facilitate personalized e-learning experiences. *International Journal on E-Learning*, v.5, n.1, p. 11-17. 2006

TURNER-SMITH, A. e A. DEVLIN. E-learning for assistive technology professionals--A review of the TELEMATE project. *Medical Engineering & Physics*, v.27, n.7, p. 561-570. 2005

URL 1: Sítio de Modelos anatômicos em 3D. Disponível em: <www.anatomium.com>. Acessado em: 20 Mar. de 2007.

URL 2: Sítio de uma comunidade científica de anatomia humana. Disponível em: <www.anatomia.tripod.com>. Acessado em: 20 Mar. de 2007.

URL 3: Página do departamento de Biologia da Univ. de Washington. Disponível em: <www9.biostr.washington.edu/da.html>. Acessado em: 20 Mar. de 2007.

URL 4: Tutorial da Universidade de Washington pela escola de Medicina. Disponível em: <<http://thalamus.wustl.edu/course>>. Acessado em: 20 Mar. de 2007.

URL 5: Sítio da Universidade McGill em Montreal, CA. Disponível em: <<http://sprojects.mmi.mcgill.ca/>>. Acessado em: Mar. de 2007.

URL 6: Sítio do departamento de Neurobiologia da Faculdade de Arkansas. Disponível em: <<http://anatomy.uams.edu/anatomyhtml/neuro.html>>. Acessado em: 25 Abr. de 2007.

URL 7: Atlas de Neuroanatomia da Universidade de Texas. Disponível em: <<http://www.ttuhsct.edu/som/courses/neuro/wygrt/index.html>>. Acessado em: 25 Abr. de 2007.

URL 8: Página do Atlas de Cerebral da Universidade de Harvard. Disponível em: <<http://www.med.harvard.edu/AANLIB/home.html>>. Acessado em: 25 Abr. de 2007.

URL 9: Página do Atlas de Neuropatologia do departamento de Neurologia da Universidade de Debrecen, Hungria. Disponível em: <<http://www.neuropat.dote.hu/atlas.html>>. Acessado em: 25 Abr. de 2007.

URL 10: Sistema de imagens Patológicas da Universidade de Utah. Disponível em: <<http://library.med.utah.edu/WebPath/ORGAN.html#1>>. Acessado em: 22 Abr. de 2007.

URL 11: Sítio com reconstruções médicas em 3D
Disponível em: <<http://www.crd.ge.com/esl/cgsp/projects/medical>>. Acessado em: 25 Abr. de 2007.

URL 12: Sítio do Homem Virtual da USP.
Disponível em: <<http://www.projethomemvirtual.com.br>>. Acessado em: 15 Abr. de 2008.

UZUNBOYLU, H. Teacher attitudes toward online education following an online inservice program. **International Journal on E-Learning**, v.6, n.2, p. 267(11). 2007

VIEIRA, M. B. **Ambiente Virtual de Aprendizagem: uma proposta para autonomia e cooperação na disciplina de informática.** (Tese de mestrado). Ciência da Computação, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2001. 145 p.

WANG, Y.-M. Internet uses in university courses. **International Journal on E-Learning**, v.6, n.2, p. 279(14). 2007

3. Sistema: Aspectos Pedagógicos e Informáticos

3.1 Introdução

No capítulo anterior constatou-se um grande desafio, considerando aspectos pedagógicos e computacionais, em construir uma ferramenta interdisciplinar para ensino médico e também para estudantes de Engenharia Biomédica. Conseqüentemente, este capítulo desenvolve a proposta de um sistema, denominado BioLabVirtual, para ensino neurofisiológico e neuroanatômico.

Inicialmente, discutem-se as principais correntes pedagógicas, seguido de uma pesquisa sobre a *Internet* na UFU, através da qual constatou-se dados de acessibilidade e suas características, como facilidade de uso, tempo de acesso, confiança nas informações obtidas, freqüência do uso do e-mail e causas de desmotivação.

Finalmente, discutem-se os princípios básicos que nortearam a implementação do BioLabVirtual, apresentando-se seus principais recursos.

3.2 Metodologias de Ensino

Na Tabela 1 encontram-se várias metodologias de ensino, descritas em ordem cronológica, por autor.

3.2.1 Quadro de Metodologias

Tabela 3.1 - Resumo de Metodologias de Ensino

	Abordagem	Ensino-Aprendizagem	Professor/Aluno	Metodologia
(SKINNER, 1954)	Comportamentalista	- modificação do comportamento provocada pelo agente que ensina (Estímulo-Resposta)	- professor é controlador do processo, possui o saber e detém o poder estabelecido por hierarquia.	- instrução - programação, treinamento, condicionamento
(PIAGET, 1959)	- Construtivista/ cognitivista	- processo de trocas com o meio - baseada no ensaio e erro	- professor; desafiador, orientador, encorajador e facilitador de aprendizagens. - professor além de ensinar passa a prender, e o aluno, além de aprender, passa a ensinar.	- ativa - desafiadora - jogos, pesquisa, problemas.

	Abordagem	Ensino-Aprendizagem	Professor/Aluno	Metodologia
(ROGERS, 1976)	- Humanista; - Facilitação;	- Estudantes têm liberdade total para aprender quando e como quiserem; - Valorização da busca da autonomia	- Relacionamento deve ser igualitário; - Professor: facilitador.	- Pesquisa feita pelos alunos.
(AUSUBEL, 1976)	- Cognitivista; - Organização do desenvolvimento.	- Trata-se do modo como as pessoas percebem, aprendem, recordam e pensam sobre a Informação; - Estudantes aprendem novo conteúdo a partir do que já sabem;	- A aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; - As idéias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem.	- Pesquisa feita pelos alunos;
(VYGOTSKY, 1984)	- Interacionista.	- Constante diálogo entre o exterior e interior do indivíduo - Construída mediante processo de relação do indivíduo com seu ambiente sócio-cultural e com o suporte de outros indivíduos mais experientes;	- professor incentivador, provocando avanços que não ocorreriam espontaneamente.	Não consta.
(FREIRE, 1987)	- Sócio- cultural	- reflexão sobre o homem e uma análise do meio de vida desse homem - O processo educacional ocorre em um contexto que deve ser considerado - consciência crítica	- horizontal e não imposta - dialogal	- dialogal - reflexiva
(BRUNER, 1997)	- Cognitivista; - Aprendizagem pela descoberta.	- Especificar as experiências de aprendizagem pelas quais os estudantes têm de passar; - escalonar as informações de maneira que elas possam ser facilmente compreendidas.	- Participação ativa do aprendiz; - Professor desafiador, estimulador, provocador de problemas; - Professor x aluno relação igualitária.	- Pesquisa.

3.2.2 Metodologias Principais

3.2.2.1 Skinner

A idéia da instrução programada teve origem por B. F. Skinner (SKINNER, 1954), e a primeira implementação prática desta metodologia ocorreu para o treinamento de pessoas em empresas. No início da década de 60, a instrução programada foi definida como:

- a) Resposta Ativa pelo estudante;
- b) Reforço imediato de respostas corretas;
- c) Aproximações sucessivas para o conhecimento ser aprendido, em uma sucessão de passos tão pequenos que o estudante pode levar cada um com pequena dificuldade.

Para Skinner (SKINNER, 1954), a programação por instrução é muito importante no processo de aprendizagem para o aluno, pois impede que o estudante veja a resposta certa de um determinado exercício antes de construir sua própria resposta, utilizando uma máquina pedagógica programada para análise de respostas.

Alguns dos problemas encontrados na aplicação dessa metodologia como ferramenta de ensino foram:

- O andamento do programa pode se tornar uma experiência tediosa para os estudantes. Nessa metodologia o aluno segue um caminho de aprendizagem, não podendo escolher por sua vontade quais tópicos quer estudar e nem fazer o exercício antes de passar pelo conteúdo;
- A problemática de aprender por meio de um programa de computador. Ao estudar por um conteúdo usando métodos de Skinner aplicado à informática, mesmo de alta qualidade, o estudante tem a possibilidade de saltar comandos para olhar as respostas corretas antes de se avaliar. Consequentemente, a aplicação desta metodologia exige um projeto informático cuidadoso.

3.2.2.2 Piaget

A teoria de Piaget (PIAGET, 1959) explica de forma satisfatória o processo de aprendizagem mediante a participação do estudante na construção do próprio conhecimento. Segundo Piaget há duas abordagens distintas para a implantação do conhecimento:

- Ensino Condicionado: implantação do ensino sem a participação do aprendiz;
- Ensino Cooperativo: onde o aluno participa no desenvolvimento do seu próprio conhecimento.

No uso deste método para o ensino a distância, usa-se o modo cooperativo de ensino. A teoria de Piaget será utilizada como motivação para se utilizar um conjunto de artefatos

tecnológicos que permitam ao estudante interagir como o objetivo de aprendizagem. O método pode ser dividido em:

- **Parte 1:** Apresenta os passos iniciais para o estudo;
- **Parte 2:** Apresenta o tema abordado e suas subdivisões;
- **Parte 3:** Agrupa as informações sobre o tema abordado, deixando espaço para as dúvidas e questões mais frequentes;
- **Parte 4:** Espaço reservado para expor os experimentos e as leituras básicas / gerais do ambiente.

Segundo (PIAGET, 1959) a construção do conhecimento ocorre quando o aprendiz age, fisicamente ou mentalmente, sobre os objetos, provocando o desequilíbrio do conhecimento adquirido anteriormente. Esse desequilíbrio deve ser resolvido por meio de um processo de assimilação e acomodação do novo conhecimento. Assim, o equilíbrio será restabelecido para em seguida sofrer outro desequilíbrio.

3.2.2.3 Ausubel

A aprendizagem é a preocupação central para (AUSUBEL, 1976), representante do cognitivismo, para quem o fator mais importante, influenciando a aprendizagem, é o conhecimento próprio do aluno, devendo o professor averiguá-lo para melhor realizar seu planejamento pedagógico.

Para (MACHADO, 2006) o enfoque de Ausubel pode ser relacionado à visão de ensino e aprendizagem denominada *construtivista*, apresentando ao menos dois traços principais:

- 1) A aprendizagem ocorre através do envolvimento ativo do aprendiz na construção do conhecimento;
- 2) As idéias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem.

Segundo (AUSUBEL, 1976), a maior parte dos conceitos aprendidos pelos alunos, tanto em sala de aula quanto fora dela, ocorrem de forma receptiva. Na visão de Ausubel, essa seria a maneira mais simples e eficaz de se adquirir o conteúdo de uma disciplina acadêmica, que passa a predominar quando o indivíduo começa a apresentar maior maturidade intelectual,

tornando-se capaz de compreender conceitos e proposições expostos verbalmente, sem necessidade adicional de experiência empírica ou concreta.

Para (MACHADO, 2006), é preciso que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aluno, isto é, possa ser especialmente associado à sua estrutura de conhecimento, de modo intencional e não-literal. O aluno relaciona o conteúdo em estudo àquilo que já conhece.

3.3 O uso da Web como ferramenta de aprendizagem

3.3.1 Estudo da Acessibilidade à rede Internet

Foi aplicado um instrumento de pesquisa (Questionário apresentado no Anexo 1), que visou obter a opinião de alunos de graduação dos cursos de Biomedicina, Ciências Biológicas, Engenharia Biomédica, Medicina e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no período de 20 de Novembro à 14 de Dezembro de 2007. Os questionários foram aplicados durante o horário de aula com a colaboração de vários professores, a saber: Prof. Adriano Alves Pereira (FEELT/UFU) para o curso de graduação em Engenharia Biomédica, Prof. Fábio Oliveira (ICBIM/UFU) na Biomedicina / Medicina, Profa. Marina Abadia Ramos (ICBIM/UFU) no curso de Biologia e Prof. Rogério de Freitas Lacerda (ICBIM/UFU) na Medicina Veterinária.

O objetivo deste estudo é apresentar o perfil geral dos alunos que estarão utilizando o BioLabVirtual, validando assim o uso da *Internet* como meio mais rápido na busca da Informação, bem como o uso desta como um canal de comunicação.

Segue abaixo a Tabela 3.2 com os dados dos alunos entrevistados por curso:

Tabela 3.2 - Quadro Geral de Alunos Entrevistados por Curso

Cursos	Quantidade de Alunos Entrevistados	Quantidade Total de Alunos por curso	Porcentagem de Alunos Entrevistados
Biomedicina	24	25	96,00%
Ciências Biológicas	36	315	15,00%
Engenharia Biomédica	52	57	91,23%
Medicina	35	493	7,10%
Medicina Veterinária	34	422	8,06%
TOTAL:	181	1047	

a) Acesso a *Internet*

Na amostra coletada, todos os alunos declararam ter acesso à *Internet* seja em Casa ou na Universidade (Tabela 3.3). O uso simultâneo da casa e Universidade como local de acesso à *Internet* predominou, nos diversos cursos. Em todos os cursos pode-se perceber que acessibilidade à *Internet* é maior na Universidade do que nas casas dos estudantes. A exceção ocorre no curso de Medicina Veterinária, em que 88,24% dos alunos possuem *Internet* em suas casas. Ao contrário disso, o curso de Medicina é o que demonstra os menores índices de acesso a *Internet* domiciliar, com apenas 71,43%. Os locais onde os alunos de diferentes cursos utilizam a *Internet* são mostrados na Figura 3.1.

Tabela 3.3 - Quadro Médio da Acessibilidade da Internet

	Média de todos os Cursos
Casa	79,82%
Universidade	84,36%
Trabalho	1,81%
LanHouse	12,88%

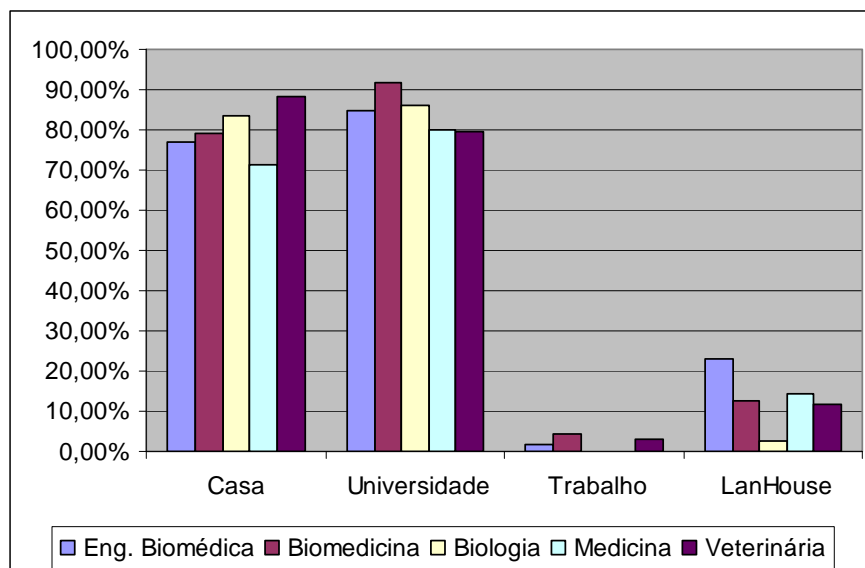


Figura 3.1 - Locais de Acesso a Internet.

b) Acesso a um computador (Tabela 3.4 e Figura 3.2)

De acordo com o estudo, 88,07% dos alunos possuem computadores em suas casas o restante acessa na Universidade ou no Trabalho. O Curso de Biomedicina possui o maior número de alunos com computadores em suas casas (91,67%) e o curso de Ciências Biológicas, o menor (83,33% dos alunos).

Tabela 3.4 - Quadro Médio de Acesso a um computador

	Média de todos os Cursos
Casa	88,07%
Universidade	85,60%
Trabalho	1,81%

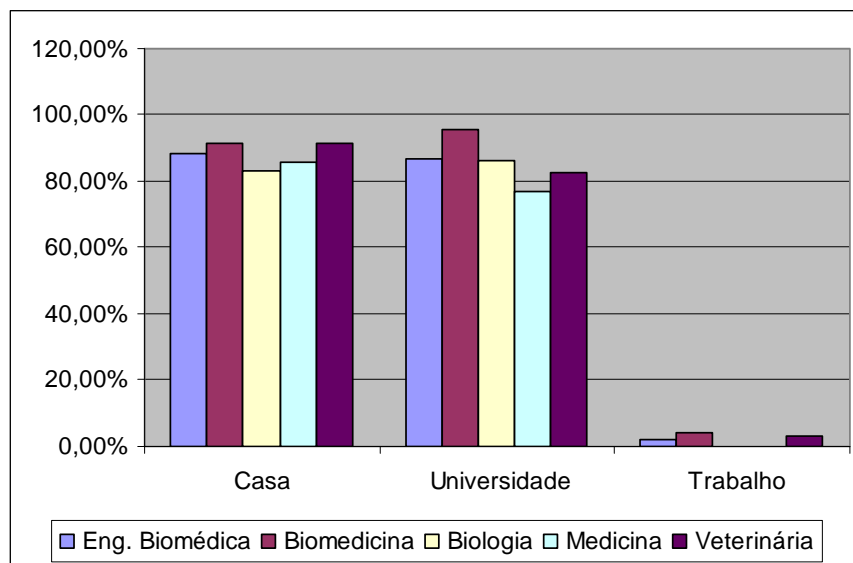


Figura 3.2 - Acesso a um computador

c) Facilidade do uso da Internet

Vide na Tabela 3.5 e Figura 3.3 os dados referentes a facilidade do uso de *Internet* em diferentes cursos.

Para 61,33% dos alunos entrevistados, o uso da *Internet* é muito fácil, para 24,76%, razoavelmente fácil e para 12,13% dos alunos o grau de dificuldade é médio. Apenas 1,77% escolheram que é difícil o uso de *Internet*. Os alunos de Ciências Biológicas demonstraram facilidade no uso da *Internet* em quase 73% dos

entrevistados. O curso de Biomedicina apresentou o maior índice de dificuldade no uso da *Internet*.

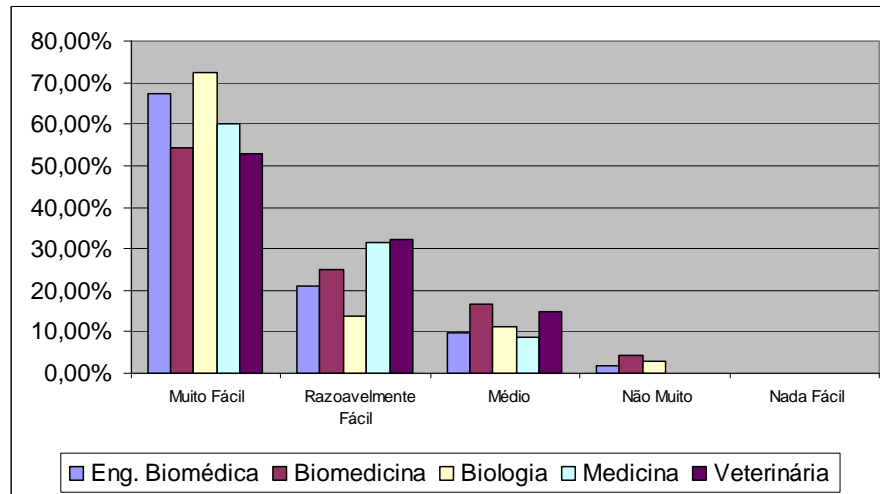


Figura 3.3 - Gráfico da facilidade do uso da Internet

Tabela 3.5 - Quadro Geral da Facilidade do uso da Internet

	Muito Fácil	Razoavelmente Fácil	Médio	Não Muito	Nada Fácil
Engenharia Biomédica	67,31%	21,15%	9,62%	1,92%	0,00%
Biomedicina	54,17%	25,00%	16,67%	4,17%	0,00%
Ciências Biológicas	72,22%	13,89%	11,11%	2,78%	0,00%
Medicina Veterinária	52,94%	32,35%	14,71%	0,00%	0,00%
Medicina	60,00%	31,43%	8,57%	0,00%	0,00%

d) Velocidade da Internet (Tabela 3.6 e Figura 3.4)

Em termos de velocidade de acesso, 80 alunos (44,19%) crêm que usam a *Internet* em uma velocidade média. Já 6,66% dos alunos consideram a velocidade de acesso muito lento. Não foram consideradas ou argüidas diferentes modalidades de acesso (banda larga, rádio, discada, etc).

Tabela 3.6 - Quadro Médio de velocidade de Acesso a Internet

	Média de todos os Cursos
Muito Rápido	13,80%
Razoavelmente Rápido	25,88%
Médio	44,19%
Não Muito	9,46%
Nada Rápido	6,66%

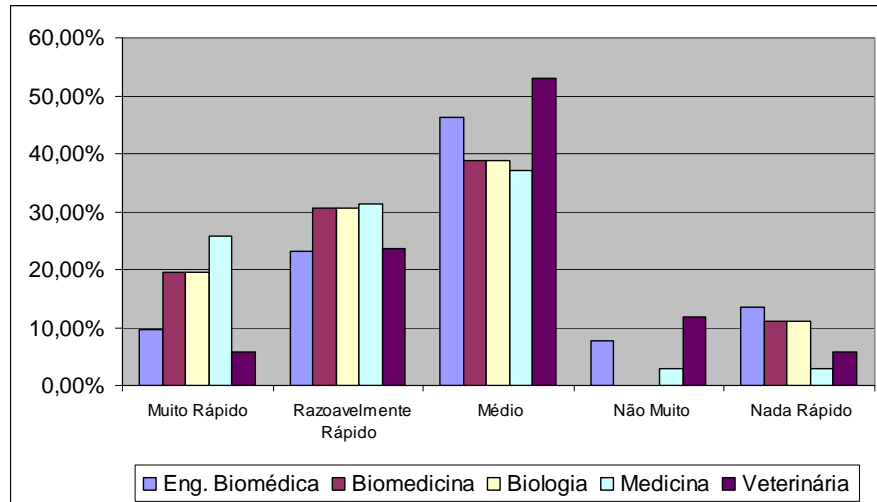


Figura 3.4 - Velocidade de Acesso à Internet

e) Frequência do uso do E-mail

Observa-se que 40,87% dos alunos acessam seus e-mails todo dia (Tabela 3.7 e Figura 3.5), constituindo-se em um poderoso meio de comunicação. 35,38% acessam de duas a três vezes semanais e 17,70% uma vez por semana.

Tabela 3.7 - Quadro médio da frequência do uso do e-mail

	Média de todos os Cursos
Todos os dias	40,87%
2-3 vezes/semana	35,38%
1 vez/semana	17,70%
1 vez/mês	6,05%
Nunca	0,00%

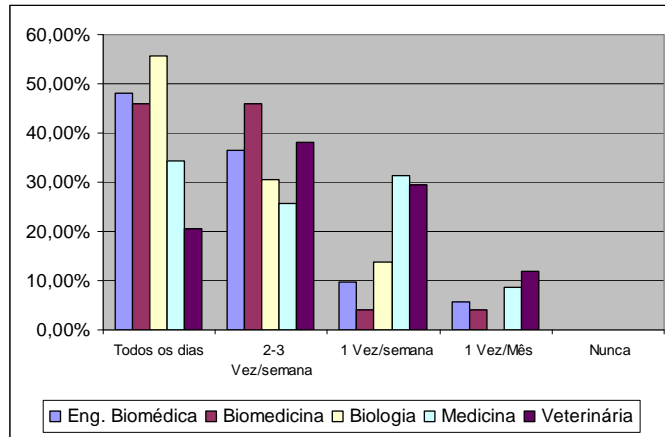


Figura 3.5 - Frequência do uso do e-mail

O curso de Ciências Biológicas (Figura 3.5) possui o maior índice de acesso a e-mail dos demais cursos, onde mais de 55% dos alunos acessam todos os dias. Logo após, os alunos de Engenharia Biomédica, com 48,08%.

f) Confiança nas Informações Obtidas

Com respeito à confiança na precisão das informações obtidas na *Internet* (Tabela 3.8), apenas 3,56% dos estudantes se dizem completamente seguros e para 38,32%, razoavelmente confiantes. A maioria demonstra um nível médio de confiança (47,52%).

Tabela 3.8 - Quadro médio da confiança nas informações obtidas na *Internet*

	Média de todos os Cursos
Muito Confiante	3,56%
Razoavelmente Confiante	38,32%
Médio	47,52%
Não Muito	9,24%
Nada Confiante	1,36%

O curso que demonstrou maior confiança nas informações obtidas na *Internet* (Figura 3.6) foi Biomedicina (58,33%), somando o índice dos dois primeiros itens. Já o menor índice, somando os resultados dos dois últimos itens, é no curso de Medicina Veterinária (26,47%). Somando os três primeiros itens de Confiabilidade, tem-se respectivamente os índices dos cursos: Biomedicina (100%), Medicina (100%),

Biologia (88,89%), Engenharia Biomédica (84,62%) e Medicina Veterinária (73,53%).
Vide Tabela 3.9 e Figura 3.6.

Tabela 3.9 - Quadro Geral da confiabilidade nas informações obtidas na Internet

	Muito Confiante	Razoavelmente Confiante	Médio	Não Muito	Nada Confiante
Engenharia Biomédica	3,85%	42,31%	38,46%	11,54%	3,85%
Biomedicina	8,33%	50,00%	41,67%	0,00%	0,00%
Ciências Biológicas	2,78%	38,89%	47,22%	11,11%	0,00%
Medicina Veterinária	0,00%	14,71%	58,82%	23,53%	2,94%
Medicina	2,86%	45,71%	51,43%	0,00%	0,00%

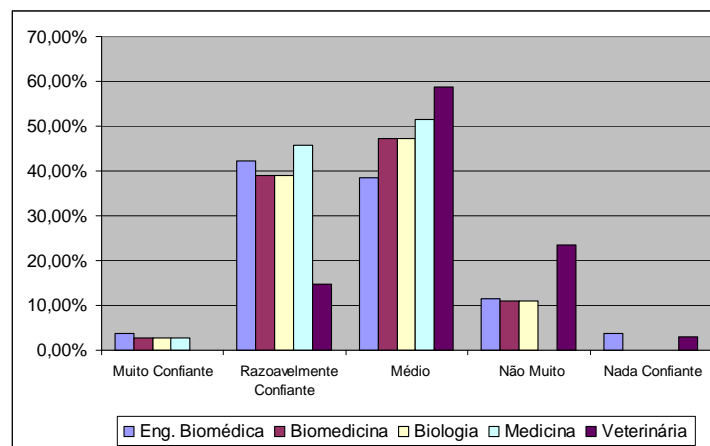


Figura 3.6 - Confiança nas informações obtidas na Internet

g) Desmotivação do uso da *Internet*

Quanto às possíveis causas de desmotivação do uso da *Internet*, 43,71% do total consideram os vírus como causa mais freqüente, seguida de lentidão (32,29%), o custo (20,22%) e qualidade (14,04%). Vide Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Quadro médio da desmotivação dos alunos

	Média de todos os Cursos
Vírus	43,71%
Custo	20,22%
Lentidão	32,29%
Qualidade	14,04%
Outro	27,06%

Para o curso de Engenharia Biomédica, o principal índice de desmotivação é o custo dos serviços relacionados ao fornecimento de *Internet* (30,77%) e logo depois a

Lentidão (34,62%). Já no curso de Medicina Veterinária, o vírus é o grande vilão (70,59%), seguido da lentidão (44,12%) e qualidade (23,53%). No curso de Biomedicina a lentidão obteve os maiores índices como fator de desmotivação para o uso da *Internet* (37,50%), seguido do vírus (25%) e o custo (25%). Já nos cursos de Medicina (34,29%) e Biologia (44,44%) o vírus é o principal desmotivador. Vide Tabela 3.11 e Figura 3.7.

Tabela 3.11 - Quadro de desmotivação do uso da Internet

	Vírus	Custo	Lentidão	Qualidade	Outro
Engenharia Biomédica	44,23%	30,77%	34,62%	23,46%	38,46%
Biomedicina	25,00%	25,00%	37,50%	4,17%	0,00%
Ciências Biológicas	44,44%	25,00%	16,67%	19,44%	33,33%
Medicina Veterinária	70,59%	11,76%	44,12%	23,53%	23,53%
Medicina	34,29%	8,57%	28,57%	0,00%	40,00%

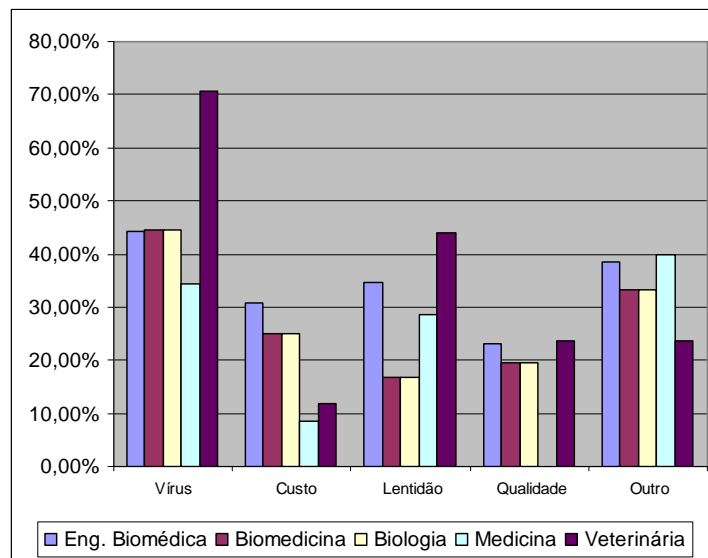


Figura 3.7 - Desmotivação dos alunos no uso da Internet

3.3.2 Discussão geral dos resultados

Os valores obtidos através deste trabalho, em termos de acessibilidade a computadores e à rede *Internet*, permitem concluir que estes dois recursos são disponibilizados a 100% dos alunos. Sendo que 80% acessam *Internet* de suas casas, e quase 85% acessam das Universidades.

Podem-se constatar através deste estudo fortes motivações do uso da *Internet*:

- Acessibilidade à *Internet* seja em casa, universidade ou *Lanhouse* (100% dos entrevistados);
- Facilidade de utilização da *Internet* pelos estudantes (85%);
- Velocidade média de acesso por maior parte dos entrevistados (44%);
- Alto índice de confiança nas informações obtidas na *Internet* (41%);
- Frequência de utilização como meio comunicador, dado que mais de 94% dos estudantes acessam mais de três vezes por semana sua caixa de correio eletrônico;

Quanto às limitações:

- O fator de maior desmotivação no uso da *Internet* são os vírus (43,71%), com isso o sistema deve ter mecanismos de segurança visíveis aos usuários.
- Para 32,29% dos entrevistados, a lentidão é um problema tanto nas universidades como nas casas. Para solucioná-lo, qualquer proposta pedagógica com fundamentação informática deve propor multimídias com conteúdos de acesso rápido, independente a banda de conexão.

Os indicadores marcantes em cada curso são:

1. **Engenharia Biomédica:** O maior percentual alcançado quanto à facilidade no uso da *Internet* (98%) e confiança nas informações oriundas da rede (86%); maiores desmotivadores: os vírus (44%);
2. **Biomedicina:** o curso possui o maior percentual de alunos que possuem computadores em casa (92%); o mais alto índice de entrevistados com problemas de lentidão na utilização da *Internet* (25%); o percentual de acesso a

os seus correios eletrônicos de duas a três vezes semanais é o mais alto (90%); maior desmotivador: a lentidão (38%);

3. **Biologia:** o menor índice de confiança quanto às informações provenientes da *Internet* (42%); desmotivador principal: os vírus (44%);
4. **Medicina Veterinária:** o curso com o menor percentual quanto à facilidade de utilização da *Internet* (85%); acesso ao e-mail de duas a três vezes por semana com menor percentual entre os cursos (59%); 71% são desmotivados a utilizar a *Internet* por causa dos vírus;
5. **Medicina:** o menor percentual de alunos que possuem computadores em seus domicílios (71%); o menor percentual de alunos que encontram problemas com lentidão no acesso a *Internet* (6%);

Em 2003, o acesso à *Internet* no Brasil, pelos alunos de graduação, foi calculado como 95% (PORTARIA, 2003). Pouco se conhece sobre sua utilidade como canal de comunicação ou como um recurso didático de apoio ao ensino universitário entre estes estudantes.

Fica claro que a disponibilização de sistemas didáticos é um ótimo meio para atingir estudantes tanto nas universidades, domicílios e até mesmo em *Lanhouses*.

Para (HEINZEN, R. P. S., 2004), a rede *Internet* é uma fonte de informação em expansão entre estudantes universitários. Devem-se avaliar sua real eficácia como instrumento pedagógico e pensar como incrementar seu uso a partir de perfis ou da predisposição dos estudantes com relação a esta tecnologia.

3.4 Ambiente virtual de Ensino

O BioLabVirtual começou a ser desenvolvido no 2º semestre de 2006 e destina-se a estudantes de cursos médicos como do curso de Engenharia Biomédica da UFU. Seu acesso é livre e gratuito para alunos de graduação e pós-graduação dos cursos: Engenharia Biomédica, Medicina, Biomedicina, Enfermagem, Ciências Biológicas e Educação Física.

3.4.1 Arquitetura do BioLabVirtual

A arquitetura proposta para o BioLabVirtual é mostrada graficamente na Figura 3.8. O acesso para alunos e professores ocorre através de requisições HTTP para o servidor, que

interage com a linguagem de programação interpretada PHP (*Hypertext Preprocessor*), através de uma chamada (processo) de autenticação de usuário, que por sua vez faz o acesso aos dados armazenados no banco de dados MySQL. Este é um sistema de gerenciamento de banco de dados, que utiliza a linguagem SQL (*Structured Query Language* – Linguagem de Consulta Estruturada) como interface.

O modelo proposto está baseado na arquitetura do tipo cliente-servidor, onde o servidor *web* armazena todo o conteúdo do laboratório. Alunos e professores são representados através de clientes utilizando seus navegadores.

O código PHP está mesclado com códigos HTML (*Hypertext Markup Language* – Linguagem de Marcação de Hipertexto), no entanto, o conteúdo em PHP não é visível ao usuário, sendo processado no servidor. O acesso à ferramenta é realizado via *web*. As informações relativas ao conteúdo do BioLabVirtual e as tabelas contendo os alunos e professores cadastrados no sitio são armazenados no servidor, em um banco de dados.

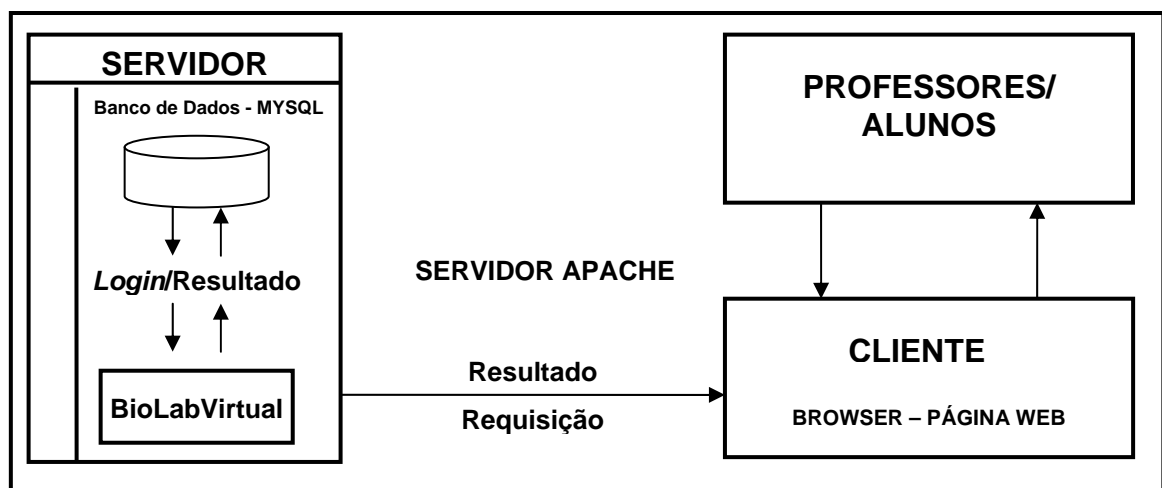


Figura 3.8 - Arquitetura do BioLabVirtual

3.4.2 Modelagem Geral do Conteúdo: Mapas conceituais

3.4.2.1 Conceitos e uso

Segundo (SENITA, 2008) um mapa conceitual é um rótulo que designa um conjunto de características relacionadas a um evento ou a um objeto. Por definição, o evento é um acontecimento qualquer, real, potencial ou imaginário, e objeto é toda entidade material que pode ser percebida pelos sentidos.

Mapas conceituais constituem uma maneira esquemática de representar relações entre conceitos. Em sua forma mais simples, um mapa consiste de dois conceitos unidos por uma ou mais palavras de ligação. “Células têm metabolismo”, por exemplo, representa um mapa de conceitos simples, como uma proposição válida sobre os conceitos célula e metabolismo. Mapas mais complexos consistem em um conjunto de conceitos organizados de forma hierárquica e conectados por setas que indicam as relações entre eles. (SENITA, 2008)

Para (TSENG, SUE *et al.*, 2007), o mapeamento de conceitos permite organizar o conhecimento, aumentando a eficiência do aprendizado. A organização pode ajudar aos estudantes a perceber novas conexões entre conceitos e a construir conhecimento com significado, em substituição ao antigo aprendizado por simples memorização.

Para construir um mapa conceitual, devem-se ordenar tópicos pelo seu grau de importância. A partir da ordenação obtida, deve-se fazer a ligação dos conceitos hierarquicamente próximos por meio de setas, identificadas por palavras de ligação, de modo a formar proposições.

3.4.2.2 Mapa Conceitual do BioLabVirtual

Na Figura 3.9 tem-se o esboço do Sistema BioLabVirtual e suas subdivisões, que na verdade são ferramentas disponibilizadas dentro do sistema, como: Sala de Bate-papo, que permite interação síncrona de várias pessoas ao mesmo tempo; Multimídia para ensino de Biofísica, Atlas de Neuroanatomia, Fórum para discussões dos cursos e ferramentas adicionais (como multimídia do cérebro humano, efeito da cocaína no cérebro, ferramenta de testes e outras descritas neste capítulo).

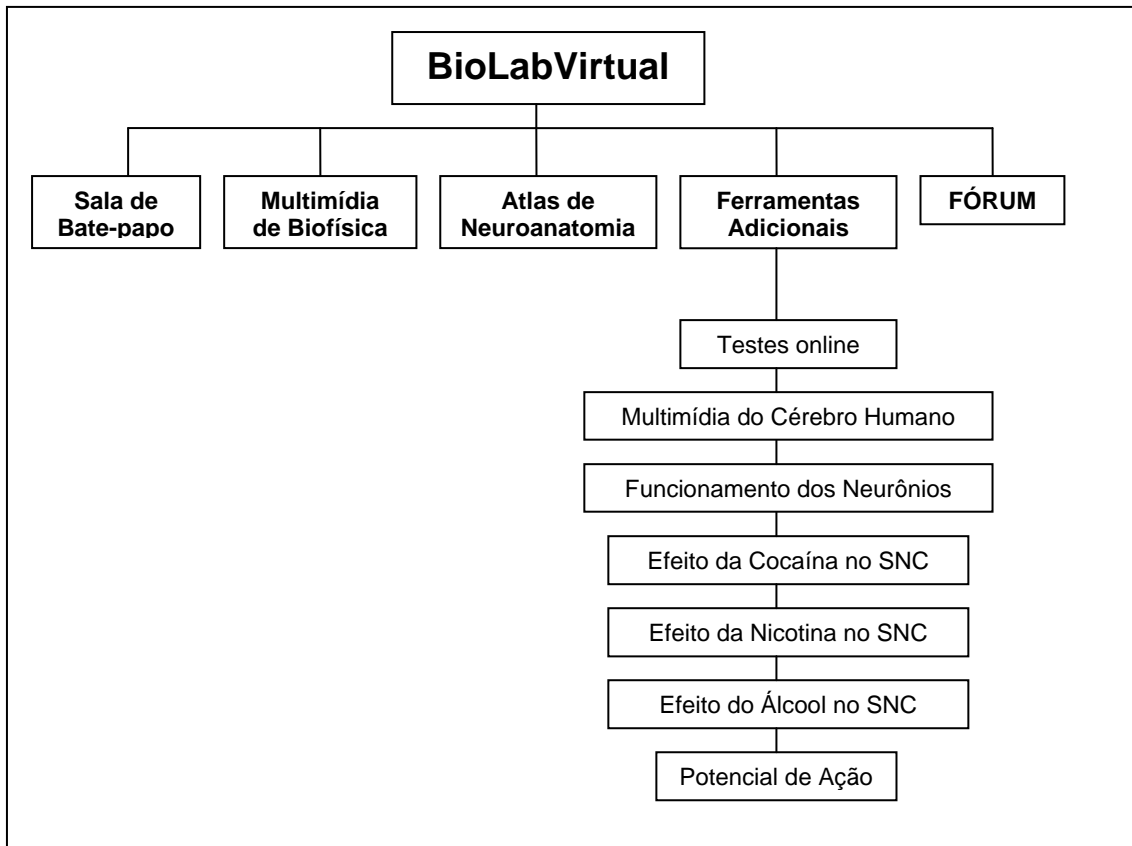


Figura 3.9 - Mapa Conceitual do BioLabVirtual

3.4.3 Etapas do Desenvolvimento

3.4.3.1 Desenvolvimento do Ambiente Online

O BioLabVirtual é uma plataforma livre, construída na linguagem PHP e Banco de dados MYSQL. Os principais objetivos deste ambiente são:

- Organizar as Ferramentas de ensino na forma de serem acessíveis pela *Internet*;
- Ser um portal único de acesso a todo o conteúdo;
- Sistematizar o acompanhamento e o envolvimento dos alunos nos estudos;
- Ser facilmente utilizado por professores e alunos, tanto no acesso e na postagem de novos materiais.

No Anexo 2 apresenta-se um manual completo de cadastro e uso da plataforma BioLabVirtual.

3.4.3.2 Segurança da plataforma e conteúdo

Os vírus são os grandes causadores de males e temores para os internautas. Um bom sistema educativo deve garantir que os conteúdos produzidos e disponibilizados em sua plataforma não causem dano algum aos usuários. O BioLabVirtual possui um sistema de verificação de todo material postado antes de disponibilizá-lo *online*. Por outro lado, o aluno deve estar devidamente protegido por um anti-vírus atualizado, capaz de agir na eventualidade deste ou de qualquer outro conteúdo que se encontra na *Internet*, com a possibilidade estar contaminado. O BioLabVirtual disponibiliza *links* de páginas para que o usuário possa adquirir programas de antivírus gratuitos.

Quanto à segurança na plataforma, os servidores hospedeiros estão devidamente protegidos e são munidos de ferramentas de varredura e detecção de vírus nos conteúdos depositados.

Já em termos de segurança de acesso, o ambiente tem níveis adequados de autenticação de usuários, barreiras de proteção (*Firewall*), ferramentas de monitoramento de acessos, etc.

3.4.3.3 Desenvolvimento das Multimídia de Biofísica

a) Introdução

A idéia desta multimídia de Biofísica nasceu no ano de 2004, como um projeto para a criação de um *software* para servir de apoio didático à disciplina de Biofísica, ministrada pelo Prof. Fábio de Oliveira (Instituto de Ciências Biomédicas - ICBIM).

Sendo assim, a primeira versão do *software* foi desenvolvido pelo aluno Samuel Leite Guimarães durante os meses de Março de 2004 à Fevereiro de 2005.

b) Desenvolvimento

Esta etapa do trabalho consistiu de diversas atividades, incluindo o estudo aprofundado em vários livros sobre a estrutura da Membrana celular (ALBERTS, 1997; KANDEL et al., 2001; LEHNINGER et al., 2002), como também a morfologia e fisiologia de diversos tipos de proteínas de membrana, especialmente canais iônicos.

Para montagem do *software* de animação, foi utilizado o programa *Macromedia Flash MX Versão 6.0* © 1993-2002. Foram realizadas reuniões semanais com os professor Dr. Fábio de Oliveira, do Instituto de Ciências Biomédicas, para determinar qual seria o conteúdo abordado pelo *software*, com base nos livros (KANDEL, SCHWARZ *et al.*, 2001), (ALBERTS, 1997) e (LEHNINGER, NELSON *et al.*, 2002.).

Para construção da nova versão *web* deste pacote foi usado o programa *Macromedia Flash CS3*. Em seu desenvolvimento, particionou-se o aplicativo em diversas subdivisões, levando à redução do seu tamanho, permitindo acesso rápido tanto em conexões à *Internet* de banda larga como também em discadas.

c) Requisitos do Sistema

Para utilização deste recurso, recomenda-se utilizar um computador com as seguintes características:

- Sistema Operacional Windows 98/ME/2000/XP/VISTA, mas poderá ser acessado também pelo LINUX;
- Processador de 500 MHz ou superior;
- 64 MB de memória RAM ou superior;
- Placa de vídeo de 8 MB ou superior;
- Monitor colorido de 16 ou 32 bits;
- DirectX 8.0 ou superior (Incluso no CD-ROM);
- Acesso a *Internet*, preferencialmente de banda larga;
- *Adobe Flash Player* versão 6.0 ou superior instalado;
- *Internet Explorer* ou outro navegador.

É importante lembrar que se o computador utilizado apresentar configurações não compatíveis com os requisitos mencionados acima, poderá haver problemas de velocidade nas animações da multimídia e alguns recursos podem não ser acessados.

d) Funcionamento

Um manual detalhado contendo informações a respeito do conteúdo e manuseio da multimídia encontra-se reproduzido no Anexo 3.

3.4.3.4 Desenvolvimento do Atlas Neuroanatômico

a) Introdução

Durante o treinamento de novos profissionais da área médica nas universidades, a busca de informações visuais e textuais sobre as diversas estruturas do corpo humano ocorre através de Atlas de Anatomia. Por conta da insuficiência de cadáveres de muitos departamentos de anatomia, além do desgaste das peças anatômicas pelo manuseio constante, a utilização dos Atlas (em formato de livros digitais) representa um auxílio a esses problemas. (MONTEIRO, VALDEK *et al.*, 2006)

Atualmente, os Atlas mais utilizados consistem em livros, por exemplo o Sobotta (SOBOTTA e STAUBESAND., 1993), que contém ilustrações das estruturas anatômicas, e o Yokochi (YOKOCHI, ROHEN *et al.*, 2002), que apresenta fotografias internas e externas de corpos cadavéricos. Em atlas de papel, há a falta de praticidade na manipulação das páginas, exigindo o avanço e retrocesso constante das mesmas para visualizar as estruturas em ângulos diferentes. Também as cores, tamanhos e luminosidade não correspondem ao que o estudante pode visualizar nas peças anatômicas.

Nos últimos anos, no entanto, os Atlas passaram também a apresentar seu conteúdo em formato digital, possibilitando o acesso às informações através de computadores pessoais ou portáteis (TECHNO, 2004) (INNERBODY, 2008). Em sua maioria, estes Atlas oferecem um maior número de recursos visuais e interativos ao usuário, sendo portanto cada vez mais utilizados por estudantes e profissionais.

b) Desenvolvimento

Para o desenvolvimento deste recurso, uma equipe interdisciplinar foi envolvida (Áreas de Medicina, Engenharia Biomédica e Computação).

As imagens são provenientes do Laboratório de Anatomia Humana da UFU, onde foram selecionadas, e a anatomia da superfície do material foi registrada por meio de uma câmara fotográfica digital *Sony* de 5 *Megapixel*.

Foram realizadas secções das peças nos planos anatômicos transversais, para-mediano sagital e mediano. Seguiu-se então à busca por aprofundamento e ampliação dos conhecimentos morfofuncionais sobre o sistema nervoso central (SNC), para que as imagens dos planos de corte fossem adequadamente selecionadas e fotografadas utilizando-se a referida câmara fotográfica. Fez-se então a abordagem teórica, em forma de textos, sobre as estruturas cujas imagens foram previamente selecionadas.

Visando a padronização das imagens, foi desenvolvido um equipamento de corte de tecido pelo qual, por meio de um exato posicionamento da peça anatômica, implementou-se a secção destas peças nos planos pré-estabelecidos, de forma a imprimir o menor dano possível ao material. Tal equipamento foi projetado e desenvolvido a partir da proposta dos acadêmicos e professores da Faculdade de Engenharia Elétrica e do Instituto de Ciências Biomédicas da UFU.

Todavia, ao se fazer a incisão do cérebro, durante o processo de seccionamento das peças anatômicas, houve uma deteriorização das mesmas, devido a imperfeições no equipamento destinado ao corte. Conseqüentemente, ocorreu a produção de fatias cerebrais demasiadamente distantes umas das outras, o que inviabilizou a tentativa de reconstrução tridimensional.

No desenvolvimento do *software* foram reunidos alunos de computação e engenheiros. Em primeiro plano, um *software* aplicativo foi construído. Esta versão só poderia ser acessada como um programa comum de computador, não havendo a possibilidade da disponibilização via *web*. Devido a essas limitações, uma nova versão foi construída, que pudesse ser tanto prática como também funcional.

Para a nova versão *web*, foi usado o software *FLASH CS3* da *Macromedia* para construção do Atlas de Neuroanatomia. Neste recurso didático, reuniram-se em um só aplicativo as imagens imprescindíveis a um Atlas e textos teóricos explicativos. O grande diferencial desta versão é sua portabilidade, podendo ser acessado tanto via *web* ou não.

c) Requisitos do Sistema

Para utilização deste recurso, recomenda-se utilizar um computador com as seguintes características:

- Sistema Operacional Windows 98/ME/2000/XP/VISTA ou LINUX;
- Processador de 500 MHz ou superior;
- 64 MB de memória RAM ou superior;
- Placa de vídeo de 8 MB ou superior;
- Monitor colorido de 16 ou 32 bits;
- Acesso a *Internet*, preferencialmente de banda larga;
- *Adobe Flash Player* versão 6.0 ou superior instalado.

d) Funcionamento e apresentação do Atlas

A figura 3.10 apresenta a tela de abertura do Atlas de Neuroanatomia. Já na figura 3.11 tem-se um exemplo da descrição de uma estrutura biológica, o Telencéfalo. As setas e os respectivos números indicam precisamente detalhes anatômicos relevantes, sendo que tais detalhes são listados na parte direita ou inferior da tela.

Quando necessário, além da indicação das setas na estrutura anatômica, textos explicativos são inseridos, podendo ser acessados através de *links*. Outras peças/estruturas seguem o mesmo modelo de apresentação, conforme na Figura 3.12, que exhibe o Tronco Encefálico e algumas de suas peculiaridades.



Figura 3.10 - Tela inicial do Atlas de Neuroanatomia Humana



Figura 3.11 - Face superior do telencéfalo

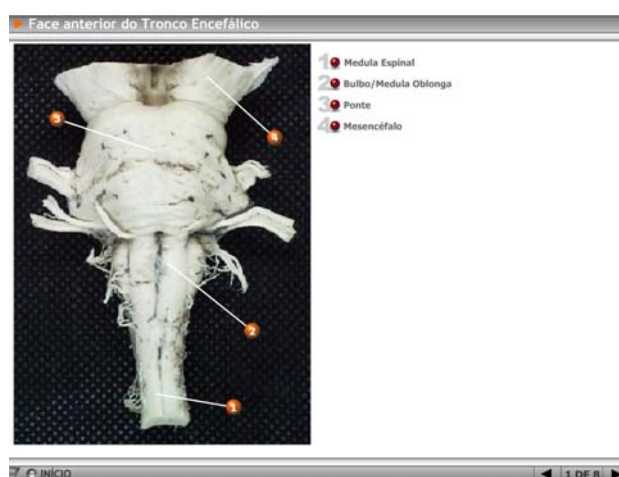


Figura 3.12 - Face anterior do Tronco Encefálico

A estrutura completa do Atlas implementado foi dividida em duas seções, denominadas “Anatomia de Superfície” e “Cortes”, que serão brevemente discutidas a seguir.

- **Anatomia de Superfície:** Com relação as estruturas cerebrais temos a seguinte divisão de itens (CARPENTER, 1978; MACHADO, 1993).

- a) **Medula espinhal:** A medula ocupa grande parte do canal vertebral, desde a primeira vértebra cervical até a segunda vértebra lombar.
- b) **Tronco Encefálico:** é dividido em mesencéfalo, ponte e medula oblonga ou bulbo raquídeo;
- c) **Telencéfalo:** Os hemisférios são separados pela fissura longitudinal do cérebro, cujo assoalho é o corpo caloso, estrutura que une os dois hemisférios. Os ventrículos laterais se comunicam com o terceiro ventrículo por meio dos forames

interventriculares. Os hemisférios possuem três pólos (frontal, occipital e temporal) e três faces (súpero-lateral, mesial e inferior);

- d) **Vasculatura:** A parada da circulação por mais de sete segundos no encéfalo causa perda de consciência; após cinco minutos sem circulação há lesão irreversível, sendo primeiramente lesadas as estruturas filogeneticamente mais recentes (neocórtex, sistema nervoso suprasegmentar). A última área lesada é o centro respiratório;
- e) **Meninges:** Estão associadas ao espaço subaracnóideo, das membranas leptomeníngicas (pia-aracnóide) e do líquido cefaloraquidiano, os quais envolvem o encéfalo e a medula espinhal.

- Os Cortes da Estrutura Cerebral

- a) **Medula espinhal:** Etimologicamente, medula significa “miolo” e indica aquilo que está dentro. Assim medula espinhal significa dentro do canal vertebral, podendo ser considerada uma maçã cilíndrica de tecido nervoso dentro do canal vertebral, sem ocupá-lo completamente. No homem adulto, mede aproximadamente 45 cm, sendo um pouco menor na mulher. Cranialmente a medula delimita-se com o bulbo, aproximadamente ao nível do forame magno do osso occipital. O limite caudal da medula tem importância clínica e no adulto situa-se na 2ª vértebra lombar (L2). A medula termina afinando-se para formar um cone, o cone medular, que continua com um delgado filamento meníngeo, o filamento terminal.
- b) **Bulbo:** Apresenta sulcos longitudinais que delimitam áreas anterior/ventral, lateral e posterior/dorsal. A fissura mediana anterior termina no forame cego. De cada lado deste último e, superiormente a ele, há a pirâmide, composta de fibras nervosas descendentes que ligam áreas motoras do cérebro a neurônios motores da medula espinhal.
- c) **Ponte:** Em sua base (ventral) apresenta feixes de fibras transversais que compõem o pedúnculo cerebelar médio, dirigido ao correspondente hemisfério cerebelar. O limite entre a ponte e o pedúnculo é o local de emergência do nervo trigêmeo. Sua superfície ventral aloja a artéria basilar no sulco homônimo.
- d) **Mesencéfalo:** Encontra-se entre a ponte e o cérebro, sendo separado deste pelo plano que liga os corpos mamilares à comissura posterior. O aqueduto cerebral comunica os ventrículos III e IV. Os sulcos correspondem à substância negra na superfície e separam a base do tegumento dos pedúnculos cerebrais. O tecto do mesencéfalo

apresenta dorsalmente os colículos superiores e inferiores, relacionados à visão e audição respectivamente; corpos quadrigêmeos separados por sulcos perpendiculares em forma de cruz.

- e) **Telencéfalo:** É dividido em quatro lobos (frontal, temporal, parietal e occipital), os quais são divididos por três sulcos: central, lateral e parieto-occipital. O sulco lateral se inicia na base do cérebro e termina emitindo três ramos: anterior, que penetra no lobo frontal; posterior, que penetra no lobo parietal e descendente. O sulco central é margeado pelos giros pré e pós-central; as áreas situadas adiante do sulco relacionam-se à motricidade; as posteriores com a sensibilidade. O único lobo cerebral que não tem relação com osso é a insula, situada profundamente, no sulco lateral. A divisão anatômica dos lobos não corresponde a uma divisão funcional, exceto no caso do lobo occipital, associado à visão.

3.4.3.5 Desenvolvimento do Neurônio e Sinapse 3D

Em seu trabalho (SILVA, 2007), iniciou-se a construção do Neurônio 3D pelo corpo celular de um Neurônio Real. Após esta fase, criaram-se as organelas circundantes. Em seguida, desenvolveu-se o axônio, logo após os dendritos, a bainha de mielina e, por último, os canais iônicos.

Para sua execução, o Neurônio necessita de, no mínimo, um computador 486 DX4 com 32 MB de memória RAM, ou um outro computador compatível com esta descrição.

Como pode ser observado na seqüência das Figuras 3.13 a 3.15, percebe-se que o trabalho desenvolvido por (SILVA, 2007) apresenta uma construção dinâmica, permitindo que o usuário interaja com a animação, podendo centrar suas atenções nas partes que realmente lhes são importantes, por este motivo o *software* foi desenvolvido em linguagem de programação VRML.



Figura 3.13 - Neurônio completo, visão frontal. (SILVA, 2007)

Essa dinâmica de visualizações de imagem tem o objetivo de levar à compreensão da cadeia de fenômenos neurofisiológicos. Tal dinâmica pode ser notada observando-se a Figura 3.13, que ilustra uma visão geral do neurônio. Já a Figura 3.14 apresenta um panorama mais detalhado da estrutura nuclear deste, ao passo que na Figura 3.15 tem-se a visualização do fenômeno do transporte de íons, com a abertura do canal iônico e a propagação do sinal ao longo do axônio até as terminações do mesmo, que são conhecidas como ramificações terminais axônicas ou telodendrites (KANDEL, SCHWARZ *et al.*, 2001). A Figura 3.16 apresenta detalhes internos ao citoplasma.

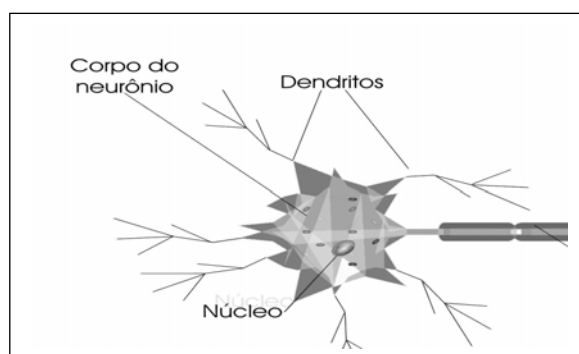


Figura 3.14 - Estrutura Nuclear, vista superior. (SILVA, 2007)



Figura 3.15 - Transporte de íons, visão frontal com aproximação (zoom). (SILVA, 2007)

O programa permite que o usuário possa visualizar de forma lógica a arquitetura neural, bem como a disposição de suas estruturas básicas necessárias para o seu funcionamento. O usuário parte de uma visão geral como demonstrado na Figura 3.13, para uma visão específica, como observado na Figura 3.15, que exhibe os canais iônicos e a forma como eles participam na propagação do potencial de ação. A Figura 3.16 apresenta uma amostra do neurônio, após rotação e translação, permitindo uma análise mais nítida dos processos internos da célula neural.

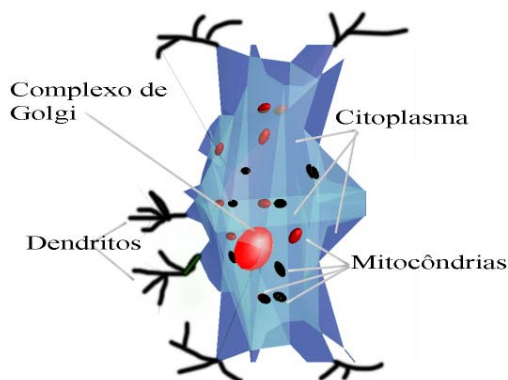


Figura 3.16 - Citoplasma e Mitocôndrias, visão lateral oblíqua (zoom). (SILVA, 2007)

Para (SILVA, 2007) o Neurônio 3D, além de facilitar a visualização de um ponto de vista dinâmico da rede de fenômenos neurofisiológicos, permite que o usuário possa criar uma seqüência lógica da arquitetura neural, bem como a forma que as suas subestruturas estão organizadas ao longo do corpo neural, axônios e dendritos.

Até então o Neurônio 3D só era visualizado na forma de um programa de computador. Para acesso via *Internet* em qualquer localidade, foi criada uma nova versão. Foi ainda acrescentado um novo recurso que é a “Sinapse Tridimensional”. Para acessá-la, basta realizar um clique sobre o corpo do Neurônio, para que se abra um canal de sinapse animado em três dimensões (3D). Vide Figura 3.17.



Figura 3.17 - Imagem capturada da Sinapse 3D

3.4.3.6 Ferramentas Adicionais

As ferramentas de multimídia abaixo são provenientes de diferentes projetos de pesquisa desenvolvidos pelo pesquisador desde a graduação.

- a) **Tarefas *online*:** Modelo de avaliação *online*, nas quais o usuário interage com o sistema na forma de um jogo de perguntas de múltiplas escolhas, avaliando assim seus conhecimentos em assuntos ligados aos conteúdos inseridos pelos professores. Vide Figura 3.18.

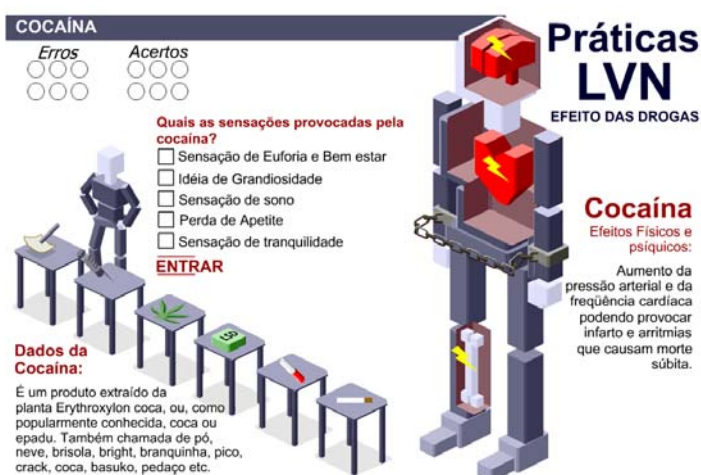


Figura 3.18 - Tarefa Online sobre o efeito das drogas no SNC.

- b) **Efeito da cocaína no SNC:** Multimídia construída em *FLASH MX* que mostra através de animações o efeito da Cocaína no Sistema Nervoso Central. Vide Figura 3.19.

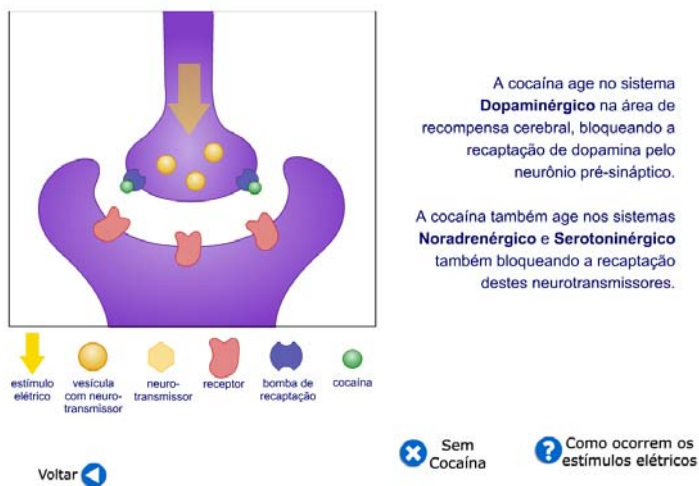


Figura 3.19 - Multimídia sobre o Efeito de Cocaína no SNC.

- c) **Efeito do álcool no SNC:** Multimídia com as mesmas características acima citadas, demonstra o Efeito do Álcool no Sistema Nervoso Central. Vide Figura 3.20.



Figura 3.20 - Multimídia sobre o Efeito do Álcool no SNC.

- d) **Efeito da Nicotina no SNC:** Multimídia demonstrando o Efeito do cigarro no Sistema Nervoso Central e Periférico. Vide Figura 3.21.

Quando a nicotina se liga a tais receptores ocorre a liberação de uma variedade de neurotransmissores. Nos gânglios autonômicos ocorre a liberação de acetilcolina, norepinefrina responsáveis pelo efeito clínico de aumento da pressão da arterial (de 5 a 10 mmHg), aumento da frequência cardíaca (de 10 a 20 batimentos por minutos) e vasoconstrição periférica.

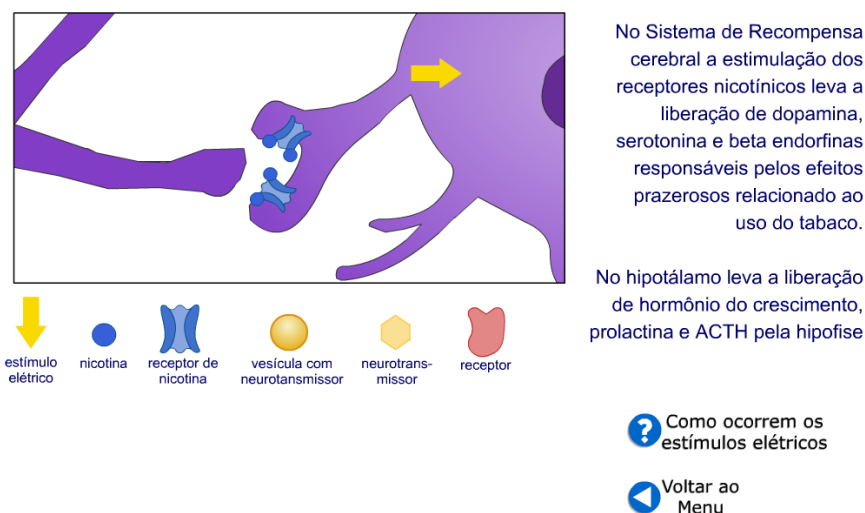


Figura 3.21 - Multimídia sobre o Efeito da Nicotina no SNC e SNP.

- e) **Multimídia do Cérebro Humano:** Inclui divisões fisiológicas e anatômicas no formato de animações. Vide Figura 3.22.

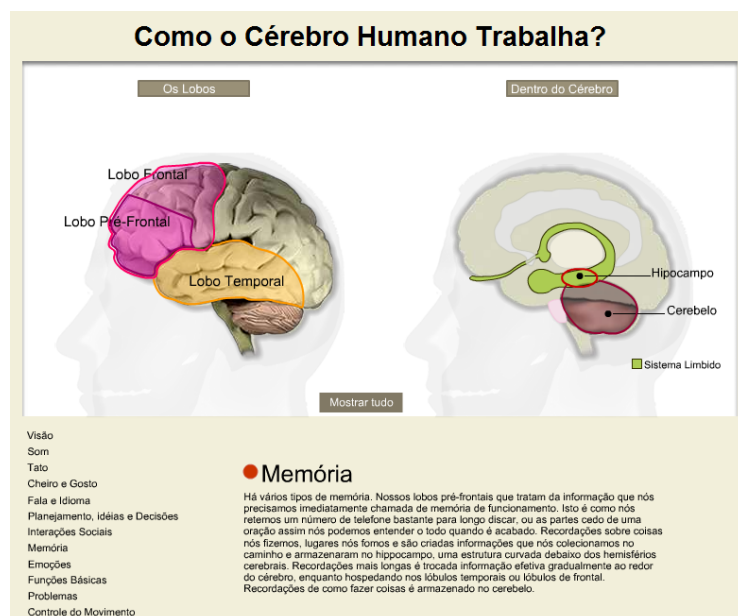


Figura 3.22 - Multimídia das Funções Gerais do Cérebro

- f) **Multimídia do funcionamento de um Neurônio:** Multimídia de um tutorial sobre os neurônios com textos e animações. Vide Figura 3.23.

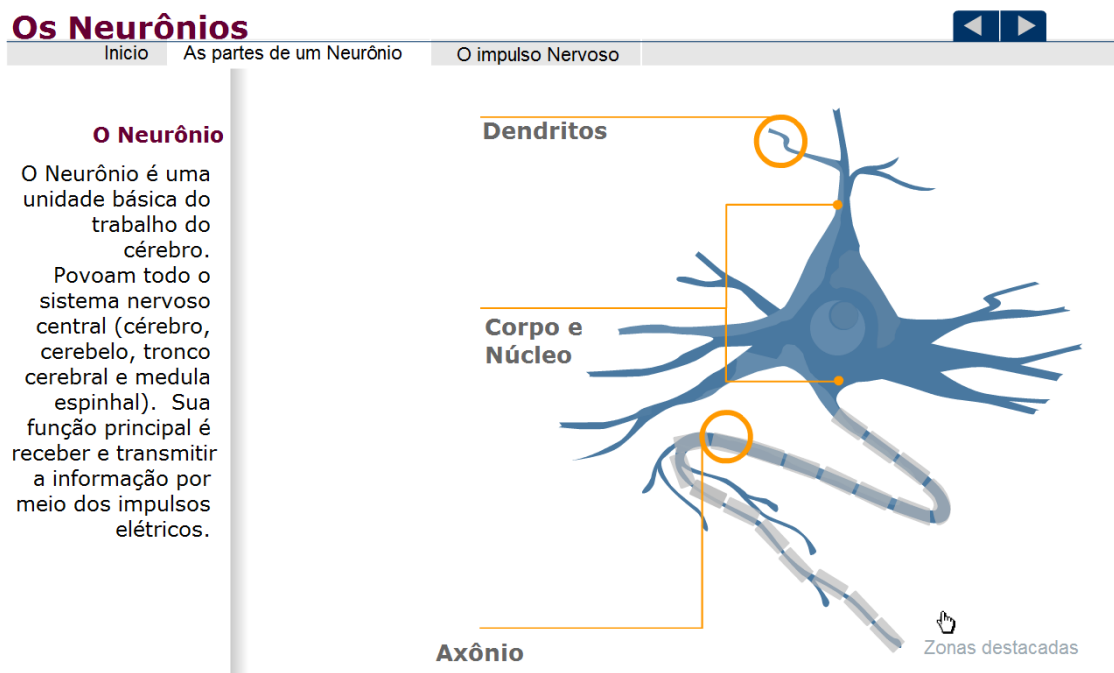


Figura 3.23 - Multimídia sobre os Neurônios

3.4 Conclusão Geral

Este capítulo propôs um ambiente para ensino de Neurociências, contribuindo não apenas para área biomédica, mas também para as áreas de exatas. Ensinar Neurociências para um estudante de Engenharia não é uma tarefa simples, mas um sistema com interatividade computacional possibilita alcançar a concepção teórica global dos tópicos morfológicos e facilitar sua aprendizagem.

Uma das razões que levou à escolha da hipermídia como meio para organizar os conteúdos de aprendizagem foi o provável efeito positivo advindo do uso do computador e do emprego de diferentes tipos de mídia sobre a motivação dos alunos.

Quanto à metodologia de ensino, três foram usadas: Ausubel, Skinner e Piaget. A proposta didática fundamentou-se na Teoria da Aprendizagem de Ausubel, em orientações para a implementação de sistemas hipermídia.

Mas o sistema é flexível ao docente que queira implantar a Metodologia de Skinner, fornecendo uma ferramenta denominada “Rota de Aprendizagem”, na qual o professor poderá programar um caminho obrigatório de tarefas ao aluno. A metodologia de Skinner é muito importante, pois impede que o estudante acesse a resposta correta de um exercício antes de construir sua própria resposta e que, para realizar isto, é necessária uma máquina pedagógica. Esta metodologia, sendo bem implementada, torna-se uma forte ferramenta para o ensino-aprendizagem.

A última e não menos importante é a metodologia de Piaget, que explica de forma satisfatória o processo de aprendizagem mediante a participação do estudante na construção do próprio conhecimento. O professor é o grande desafiador, orientador, encorajador e facilitador de aprendizagens. O docente, além de ensinar, passa a aprender, e o aluno, além de aprender, passa a ensinar.

Nas multimídias de Biofísica e no Atlas Neuroanatômico foram usados princípios de Ausubel, aproveitando o conhecimento prévio do aluno e facilitando seu conhecimento posterior. Já na Prática de exercício sobre os Efeitos das drogas associado às ferramentas adicionais do BioLabVirtual, foi utilizada a metodologia de Piaget, através de processo baseado no ensaio e erro, com esquema de jogos. Na rota de aprendizagem, que pode ser usada para qualquer conteúdo, a metodologia adotada é de Skinner, onde o caminho é sempre sequencial.

Um estudo da *Web* como ferramenta de aprendizagem foi realizada com 181 alunos dos cursos de Biomedicina, Ciências Biológicas, Engenharia Biomédica, Medicina e Medicina Veterinária. Os resultados relatados a seguir correspondem à Tabela 3.2, indicando que a pesquisa envolveu no mínimo 70% do total de estudantes (incluindo todos os períodos) dos cursos de Biomedicina, Engenharia Biomédica e Ciências Biológicas; além de 8% dos estudantes dos cursos de Medicina e Medicina Veterinária. O estudo mostrou que mais de 84% dos estudantes acessam a *Internet* na Universidade, 80% deles acessam em suas casas, mais 12% em *LanHouses* e apenas 2% no trabalho. 100% dos alunos que responderam os questionários possuem acesso à *Internet* seja em casa, universidade, trabalho ou em uma *LanHouse*.

Mais de 88% dos alunos entrevistados possuem computadores em suas casas, 12% tem o acesso ao computador apenas na Universidade. Para 61% dos estudantes o uso da *Internet* é muito fácil. 80 alunos (44)% crêem que usam a *Internet* em uma velocidade média. Um dado interessante corresponde à frequência do uso do *e-mail*, onde apenas 40% dos alunos acessam suas caixas eletrônicas todos os dias, 35% dos entrevistados acessam de duas a três vezes semanais, 17% apenas uma vez por semana e 6% acessam apenas uma vez por mês seus correios eletrônicos.

Este levantamento permite destacar características específicas quanto ao uso da *Internet* pelos estudantes dos diversos cursos. Para a Engenharia Biomédica constatou-se 98% em facilidade no uso da *Internet* e 86% na confiança quanto às informações oriundas da rede. Já Biomedicina possui o maior percentual de alunos que possuem computadores em casa (92%). O curso de Ciências Biológicas alcançou o menor índice quanto à confiança às informações provenientes da *Internet* (42%). A Medicina Veterinária possui o menor percentual quanto à facilidade de utilização do recurso (85%). Já o curso de Medicina alcançou o menor percentual de alunos que possuem computadores em seus domicílios (71%), e menor índice de alunos que encontram problemas com lentidão no acesso à *Internet* (6%).

Sendo assim, a disponibilização de sistemas didáticos via *Internet* em tempo real consiste em uma proposta promissora e de alto impacto, possibilitando o acesso tanto em casas, universidades ou qualquer outro ambiente. Hoje a *Internet* é um dos meios mais acessíveis para o estudante. Ao mesmo tempo, constataram-se duas dificuldades principais na utilização da *Internet*, relatados pelos estudantes: conexão lenta e atuação de vírus.

O BioLabVirtual foi projetado através de uma arquitetura Cliente/Servidor, usando a linguagem livre PHP e banco de Dados MYSQL. Para a exposição do seu conteúdo usou-se Mapas Conceituais, permitindo organizar o conhecimento, aumentando a eficiência do

aprendizado. Para implementação do ambiente foi usado o Software *Dreamweaver CS3*. Já no desenvolvimento das multimídias, empregou-se o Software da *Macromedia Flash CS3*.

Em resposta às principais reclamações dos estudantes acima relatadas, buscou-se uma implementação simples, evitando a necessidade de *hardware/software* específicos ou especializados, o que diminui a memória ocupada e maximiza a velocidade de conexão. Além disso, o sistema possui em seu servidor um antivírus integrado à plataforma, que verifica todo material postado por professores e alunos. Por outro lado, o aluno deve estar devidamente protegido por um anti-vírus atualizado, capaz de agir na eventualidade de um vírus não bloqueado pelo servidor. No BioLabVirtual, na sessão de *downloads*, estão disponíveis *links* de páginas externas para que o usuário possa adquirir programas de antivírus gratuitos.

Sendo um sistema dinâmico, o BioLabVirtual disponibiliza muitos recursos, já implementados em vários trabalhos, deste pesquisador e outros, mas não estará limitado a estes, sendo possível a inserção de novos materiais. Os recursos atualmente disponíveis são: Multimídia de Biofísica, Atlas de Neuroanatomia, Neurônio 3D / Sinapse 3D, prática de exercícios (com exemplo do efeito das drogas) e várias multimídias descritas neste capítulo.

O capítulo seguinte descreve a metodologia de testes e os resultados práticos de aplicação da plataforma.

Referências Bibliográficas

ALBERTS, B. **Biologia Molecular da Célula**. Porto Alegre: Artes Médicas 3º edição, v. 1997. 1294 p.

AUSUBEL, D. P. **Psicologia educativa: un punto de vista cognoscitivo**. México: Editorial Trillas. 1976. 768 p.

BRUNER, J. **Atos de significação**. Porto Alegre: Artes Médicas. 1997. 130 p. (Original publicado em 1990)

CARPENTER, M. B. **Neuroanatomia humana**. Rio de Janeiro: Interamericana. 7º Edição, v. 1978. 700 p.

FREIRE, P. **A pedagogy for libertation**. Mcmilland. London, v. 1987. p.

HEINZEN, R. P. S. **Uma Proposta de Modelo de Ambiente Virtual Para a Aprendizagem de Neuroanatomia**. (Tese de Doutorado). Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. 140 p.

INNERBODY, H. A. **Página oficial Anatomia humana online**. Disponível em: <www.innerbody.com/htm/body.html>. Acessado em: 18 de Mar. de 2008.

KANDEL, E. C., J. H. SCHWARZ, *et al.* **Fundamentos da Neurociência e do Comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan. 2001

LEHNINGER, A. L., D. L. NELSON, *et al.* **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Sarvier. 3ª edição, v. 2002. 975 p.

MACHADO, D. I. **Construção de conceitos de Física moderna e sobre a natureza da Ciência com o suporte da Hipermissão**. (Tese de Doutorado). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006. 300 p.

MACHADO, E. B. **Neuroanatomia funcional**. Rio de Janeiro: Atheneu. 2. edição, v. 1993. 363 p.

MONTEIRO, B. S., M. C. O. VALDEK, *et al.* **Anatomy 3D: Um Atlas Digital Baseado em Realidade Virtual para Ensino de Medicina**. Simpósio Brasileiro de Realidade Virtual. Belém, Brasil, 2006. 1-12

PIAGET, J. **A Linguagem e o Pensamento na Criança**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura. 1959. 307 p.

PORTARIA, M. E. C. **Referências de qualidade para cursos a distância**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/>>. Acessado em: 20 de Fevereiro de 2008.

ROGERS, C. R. **De pessoa para pessoa: o problema de ser humano**. São Paulo: Pioneira. 1º Edição, v. 1976. 176 p.

SENITA, J. The use of concept maps to evaluate critical thinking in the clinical setting. **Teaching and Learning in Nursing**, v.3, n.1, p. 6-10. 2008

SILVA, S. F. D. **Aplicações da computação gráfica à engenharia biomédica : ensino em neurociências e ferramenta de apoio ao estudo da deglutição**. Tese de Mestrado, FEELT/UFU, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007. 114 p.

SKINNER, B. F. The science of learning and the art of teaching. **Harvard Educational Review**. v. 24, n. pp. 969-977, 1954

SOBOTTA, J. e J. STAUBESAND. **Atlas de anatomia humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 19. ed, v. 1993. 405 p.

TECHNO, S. A.D.A.M. Interactive Atlas. CD ROM. T. Software 2004.

TSENG, S.-S., P.-C. SUE, *et al.* A new approach for constructing the concept map. **Computers & Education**, v.49, n.3, p. 691-707. 2007

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes. 1984. 132 p.

YOKOCHI, C., J. W. ROHEN, *et al.* **Color Atlas of Anatomy : A Photographic Study of the Human Body**. Williams & Wilkins 4th edition v. 2002. 486 p.

4. Avaliação do Sistema

4.1 Introdução

Para (MACHADO, 2006), na avaliação de um sistema hipermídia, é preciso considerar as finalidades previstas em seu projeto, com o intuito de estabelecer os instrumentos de aferição adequados e a estrutura apropriada para os testes.

Um aspecto importante relaciona-se aos efeitos e às reações que o sistema hipermídia provoca no usuário. Um *software* de boa qualidade deve ser avaliado favoravelmente pelos usuários e contribuir para que as metas estipuladas por seus idealizadores (o aprendizado efetivo de um determinado assunto, por exemplo), sejam atingidas.

Avaliar um sistema hipermídia educacional significa considerar uma série de fatores ligados à sua estrutura, ao seu funcionamento e aos efeitos sobre os estudantes e professores que o utilizarão, observando se atende aos objetivos educacionais propostos e favorece a aprendizagem.

Segundo (ATHAYDE, 1990), na avaliação de *softwares* educacionais devem ser observados:

a) A sua qualidade quanto aos aspectos intrínsecos, que incluem o conteúdo, fatores instrucionais e características técnicas. Também deve-se destacar a facilidade para a *navegação*, a rapidez de acesso à informação, a qualidade gráfica da interface, dentre outras.

b) A sua contribuição para a aprendizagem dos estudantes e a relação desse aprendizado com a qualidade intrínseca. Além disso, as questões concernentes ao embasamento pedagógico adequado dos conteúdos e de sua apresentação, a abordagem instrucional utilizada, a relevância educacional dos *links* estabelecidos, a adequação ao nível de conhecimento dos estudantes e ao currículo, o estímulo ao raciocínio e à criatividade, dentre outras.

c) A influência de sua utilização sobre a opinião dos estudantes a respeito do curso e quanto ao trabalho do professor. Isto envolve avaliar sua efetividade em motivar os estudantes, facilitar o entendimento dos assuntos abordados e colaborar para que os conceitos expostos sejam relacionados com problemas e situações do dia-a-dia.

Para (CAMPOS, 1994), a avaliação de um sistema hipermídia deve ser uma atividade permanente durante todo o ciclo de desenvolvimento do *software*, envolvendo a participação de alunos, professores, projetistas e programadores. A opinião de professores e alunos, futuros usuários do programa, são fundamentais na avaliação do hipermídia educacional, pois o produto final deve atender as suas necessidades e interesses, e estar compatível com seu nível de habilidade e conhecimento.

É esperado que a atividade de teste aumente em longo prazo a produtividade geral do desenvolvimento, dado que defeitos nos sistemas são descobertos antecipadamente, diminuindo o trabalho de sua manutenção. Entretanto, por ser trabalhosa e entediante, a atividade de teste causa, em geral, um impacto negativo na produtividade em curto prazo. Conseqüentemente, atrasos no desenvolvimento do sistema acabam sendo naturalmente compensados através da redução ou eliminação da atividade de teste. Este fato implica, em geral, na diminuição da qualidade dos sistemas produzidos.

Neste capítulo é apresentada a proposta de avaliação do sistema BiolabVirtual. Inicialmente são discutidas metodologias de avaliação para sistemas de ensino a distância, seguido do método usado neste trabalho, dos resultados e conclusões gerais dos índices encontrados na avaliação.

4.2 Metodologia

4.2.1 Métodos de avaliação pesquisados

Dentre os métodos existentes para a avaliação de um sistema hipermídia, (LANGFORD, 1993) considera os seguintes:

a) *Observação direta*. Esse método auxilia na obtenção de informações sobre o comportamento dos sujeitos durante a utilização do sistema. A observação deve ser discreta e não parecer óbvia aos avaliadores, para que as respostas não sejam influenciadas. Pode envolver um observador discreto com um computador portátil, ou mesmo câmeras de vídeo, para uma posterior análise detalhada quadro-a-quadro.

b) *Monitoramento de fundo*. Isso é possível em sistemas nos quais são registradas pelo computador as interações realizadas pelo usuário com o *mouse* e o teclado, tais como pressionar um botão, abrir uma janela e o tempo gasto em cada nó.

c) *Questionamento verbal*. Mediante perguntas diretas aos sujeitos, verbalmente, pode-se obter respostas esclarecedoras, capazes de encurtar o caminho entre suposições e a realidade, possibilitando também a confirmação de informações obtidas por outros métodos. Entretanto, essa estratégia apresenta inconvenientes, pois os sujeitos podem responder procurando atender àquilo que o interlocutor quer ouvir, ao invés de expressarem seu próprio ponto de vista; não há tempo para considerar a pergunta quando se exige uma resposta verbal imediata; pode haver mal-entendidos sobre a pergunta e a resposta; sendo difícil formular a mesma questão exatamente da mesma forma, o que é importante quando se deseja comparar as respostas.

d) *Questionários formais*. Um questionário formal especialmente elaborado e testado pode ser utilizado para obter as opiniões dos estudantes sobre um conjunto de itens relativo ao sistema. Esse método possibilita a reunião de informações específicas que podem ser analisadas e comparadas, inclusive com o emprego de procedimentos matemáticos. As questões podem ser compostas e arranjadas cuidadosamente, visando a reduzir possíveis influências da técnica de investigação sobre o sujeito.

e) *Testes envolvendo um período anterior e posterior*. Método indicado quando se espera que o sistema hipermídia contribua para o usuário assimilar conceitos ou aperfeiçoar aptidões, especialmente em atividades educacionais. Um modo de utilizá-lo é mensurar o nível de conhecimento ou habilidade dos usuários antes do uso do hipermídia e depois de seu uso. Comparando-se os dois resultados, é possível realizar inferências sobre a funcionalidade do sistema. Uma dificuldade associada a esse método é que o próprio ato de medir o conhecimento tende a alertar os sujeitos sobre pontos importantes e afetar os resultados. O tempo destinado à exploração do sistema também pode exercer influência sobre os resultados.

Segundo (BOTELHO, 2006), um dos objetivos principais da avaliação de um *software* é encontrar o número máximo de erros e limitações, mostrando aos desenvolvedores se os resultados estão ou não de acordo com o esperado. Outro objetivo é conhecer realmente o comportamento do sistema, mensurando seus limites. Esta segunda forma de testar é aplicável principalmente para o desenvolvimento de novas tecnologias, quando se cria ferramentas e se determina como e para quê possam ser utilizadas.

Falhas de sistema pode ser originadas por diversos motivos, como listados abaixo (PRESSMAN, 2001):

- A especificação pode estar errada ou incompleta;
- A especificação pode conter requisitos impossíveis de serem implementados, devido a limitações de *hardware* ou *software*;
- A organização da base de dados talvez esteja fora de configuração;
- Erros nos algoritmos;
- Erros no código, ou seja, o algoritmo pode estar implementado de forma errada ou incompleta.

Para uma avaliação adequada de um *software* educacional, torna-se importante que, durante o seu desenvolvimento, este seja testado por alunos e professores representativos do grupo ao qual o programa se destina. A realização de testes preliminares pode auxiliar o planejamento do teste final.

Com base em (LANGFORD, 1993) e visando atender as necessidades do BioLabVirtual com seus principais recursos, o objetivo é escolher uma metodologia para teste e validação do sistema criado, englobando técnicas, procedimentos e ferramentas, capacitando a melhoria do sistema proposto.

Esta metodologia está fundamentada na adoção de um processo de teste, nos métodos sugeridos pela Norma IEEE 829-1998 (IEEE, 1998) e pela metodologia usada por (MACHADO, 2006), estas quais descrevem os documentos que devem ser gerados na atividade avaliação de um *software*. A metodologia de teste foi projetada e desenvolvida de uma forma que outros trabalhos pudessem instanciar os procedimentos aqui descritos, de acordo com as suas necessidades e disponibilidade de recursos. Além disso, a metodologia de teste pode ser aplicada a qualquer tipo de *software*, seja ele sistema de informações ou *software* científico.

Nesta metodologia, a implantação do processo de teste envolve um conjunto de atividades que se inicia desde o levantamento das necessidades dos cursos universitários aqui citados, seguido pela realização de treinamentos da equipe técnica e se finaliza como o acompanhamento dos trabalhos realizados.

A metodologia, que preconiza a realização de testes sistemáticos, pode ser empregada tanto por desenvolvedores como também por usuários, e está dividida em 3 componentes, discutidos logo abaixo:

a) **Treinamento:** Através de cursos, consiste da capacitação em conceitos básicos sobre teste de *software*, técnicas de teste, documentação de teste e processo de teste. Estes cursos estão divididos em módulos e sua aplicação pode ser adaptada às necessidades específicas de cada instituição.

b) **Processo de Teste:** A metodologia define um processo genérico de teste que prevê a realização das atividades de planejamento, projeto, execução e acompanhamento dos testes de unidade, integração, sistemas e aceitação. A partir deste processo genérico deve ser feito um processo específico que melhor atenda suas necessidades.

c) **Suporte para Geração de Documentos:** Consiste da aplicação de uma técnica para a criação de documentos que serão utilizados para a gerência do processo de teste, tanto na fase de preparação para a atividade de teste quanto na fase de registro dos resultados do teste. Este componente da metodologia está baseado na Norma IEEE 829-1998, descrevendo um conjunto de documentos que fundamentam as tarefas de planejamento, especificação e registro das atividades de teste de *software*.

A discussão realizada neste subitem pode ser sintetizada pela Figura 4.1.

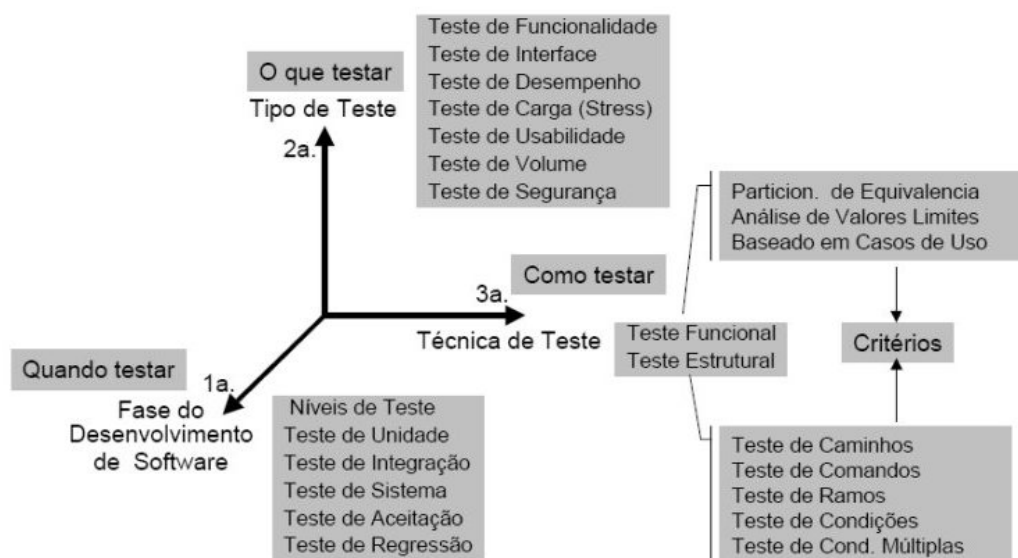


Figura 4.1 - Relação entre níveis, tipos e técnicas de teste

4.2.2 Visão Geral da Norma IEEE 829 (IEEE, 1998)

A Norma IEEE 829 (IEEE, 1998) descreve um conjunto de documentos para as atividades de teste de *software*, envolvendo as tarefas de planejamento, especificação e relato de testes, apresentados a seguir.

- a) **Plano de Teste** – Apresenta o planejamento para execução do teste, incluindo a abrangência, abordagem, recursos e cronograma das atividades de teste. Identificam os itens e as funcionalidades a serem testados, as tarefas a serem realizadas e os riscos associados com a atividade de teste.
- b) **Diário de Teste** - Apresenta registros cronológicos dos detalhes relevantes relacionados com a execução dos testes.
- c) **Relatório de Incidente de Teste** - Documenta qualquer evento que ocorra durante a atividade de teste e que requeira análise posterior.
- d) **Relatório-Resumo de Teste** – Apresenta de forma resumida os resultados das atividades de teste associadas com uma ou mais especificações de projeto de teste e provê avaliações baseadas nesses resultados.
- e) **Relatório de Encaminhamento de Item de Teste** – Identifica os itens encaminhados para teste no caso de equipes distintas serem responsáveis pelas tarefas de desenvolvimento e de teste. A norma separa as atividades de teste em três etapas: preparação dos testes, execução e registro. A documentação é produto da execução de cada uma das fases e dos relacionamentos entre elas.

Mais do que apresentar um conjunto de documentos, que deve ser utilizado ou adaptado para determinados projetos, a norma apresenta um conjunto de informações necessárias para o teste de *softwares*. Sua correta utilização auxiliará os desenvolvedores a se concentrar tanto no planejamento e projeto quanto com a fase de realização de testes propriamente dita, evitando problemas funcionais futuros.

4.2.3 Qualidade de Software

Realiza-se uma avaliação de um aplicativo com o intuito de conseguir a máxima qualidade possível em um sistema. Mas é importante ter em mente as premissas necessárias para que um *software* tenha qualidade.

A Tabela 4.1 define alguns conceitos que serão abordados neste trabalho, como características essenciais da qualidade de um *software*.

Tabela 4.1 - Características da qualidade de software

Característica	Significado	Pergunta chave
Confiabilidade	Capacidade do produto em manter seu desempenho.	É imune a falhas?
Funcionalidade	Conjunto de funções que atendem as necessidades do produto.	Satisfaz as necessidades?
Eficiência	Relação entre funcionalidade e confiabilidade.	É rápido e “otimizado”?
Manutenibilidade	Esforço necessário para modificar o produto.	É fácil de modificar?
Portabilidade	Capacidade do produto de ser transferido de um ambiente para outro, diferentes plataformas (Windows, Linux).	É fácil de usar em outro ambiente?
Usabilidade	Facilidade de utilização do produto	É fácil de usar?

4.2.4 Método de avaliação utilizado

4.2.4.1 Multimídia de Biofísica

A avaliação da multimídia de Biofísica se constituiu de três diferentes instrumentos de análise, sendo eles: observação livre que o pesquisador realizou durante as aulas práticas ministradas aos estudantes de Biofísica (cursos de Medicina, Medicina Veterinária e Ciências Biológicas); questionário eletrônico respondido e enviado via *Internet* pelos estudantes da disciplina de Biofísica, contendo suas opiniões sobre a multimídia em geral; monitoramento automático do sistema, sendo possível através de informações registradas pelo computador, através das interações realizadas pelo usuário com o *mouse* e o teclado. Pode-se registrar data, horário de acesso, *links* visitados e outros recursos.

a) Observação em sala de aula

Durante a realização das aulas práticas de Biofísica no Laboratório de Informática, foi empregada uma observação livre, não estruturada, dos comportamentos e reações dos alunos durante as aulas com uso da multimídia de Biofísica. A partir dessas observações, foi gerado um relatório que forneceu dados para a avaliação do *software*.

b) Opinião dos estudantes sobre o uso do BioLabVirtual com a multimídia de Biofísica

Para esta etapa do trabalho, foi desenvolvido um questionário eletrônico contendo dezoito itens (Anexo 4) com o propósito de avaliar a opinião dos alunos sobre a influência pedagógica do sistema multimídia com seu uso na disciplina de Biofísica, além de itens para avaliar a qualidade de *software* e o interesse despertado. Os itens continham afirmações referentes aos aspectos técnicos, aspectos motivacionais e lúdicos, e aspectos sobre a possibilidade de aprendizagem com o auxílio do mesmo. As questões foram baseadas no questionário desenvolvido por (ATHAYDE, 1990), utilizado também por (MACHADO, 2006).

Em média 96% dos alunos responderam ao questionário aplicado antes da avaliação. Também foi realizado um teste específico após a avaliação, através de um questionário contendo 10 itens (Anexo 5), com objetivo de avaliar a multimídia de Biofísica como instrumento de estudo para prova. 69% dos estudantes responderam a este último questionário, fornecido virtualmente.

c) Monitoramento automático

O monitoramento de todas as interações realizadas pelo usuário no BioLabVirtual é possível através de registros no servidor como pressionar um botão, abrir uma janela, o tempo gasto navegando pelo sistema e recursos acessados. Desse modo, pode-se estudar devagar e detalhadamente, em um período posterior, as ações dos sujeitos, realizando-se comparações com seus relatórios verbais ou escritos, que nem sempre refletem exatamente suas ações.

4.2.4.2 Atlas de Neuroanatomia

A avaliação do Atlas de Neuroanatomia constituiu de dois diferentes instrumentos de análise, sendo eles: Questionário eletrônico respondido e enviado via *Internet* pelos estudantes da disciplina de Anatomia Humana do curso de Engenharia Biomédica com auxílio do Prof. Gilmar Cunha Sousa (Instituto de Ciências Biomédicas/UFU); monitoramento automático do sistema, sendo possível o armazenamento de todos os recursos utilizados pelos usuários.

Os alunos foram orientados sobre o sistema *online*. O primeiro passo foi cadastrar todos os usuários no sistema, possibilitando acessar os recursos disponíveis para o seu curso.

a) Opinião dos estudantes sobre o uso do Atlas de Neuroanatomia *online*

Foi desenvolvido um questionário eletrônico (Anexo 6), contendo dezoito itens com o propósito de avaliar a opinião dos alunos sobre o uso de Atlas de Neuroanatomia eletrônico e *online* no curso de Engenharia Biomédica para disciplina de Anatomia Humana, além dos itens para avaliação funcional do sistema.

Os itens continham afirmações referentes aos aspectos técnicos do Atlas, aspectos motivacionais e lúdicos, e aspectos sobre a possibilidade de auxílio aos estudos através do mesmo. Esta ficha foi baseada no questionário desenvolvido e validado por (ATHAYDE, 1990), utilizado também por (MACHADO, 2006).

Neste questionário os estudantes deveriam assinalar se as afirmações contidas em cada um dos dezoito itens estavam ou não de acordo com sua opinião, ou indiferentes quanto àquele item, possuindo questões específicas para avaliação do Atlas de Neuroanatomia.

Em média, 95% dos alunos responderam ao questionário.

b) Monitoramento automático

O monitoramento tanto para a multimídia de Biofísica como para o Atlas de Neuroanatomia foi exatamente o mesmo. Deu-se através das interações do usuário com sistema, sendo essas armazenadas e depois analisadas.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Multimídia de Biofísica

4.3.1.1 Disciplina de Biofísica

A disciplina de Biofísica é ministrada em diversos cursos de graduação da Universidade Federal de Uberlândia, destacando-se Medicina (1º período), Medicina Veterinária (1º período), Ciências Biológicas (3º período) e Engenharia Biomédica (3º Período). Esta disciplina possui uma carga horária teórica e prática de 8h semanais. Nas aulas práticas de Biofísica, as turmas de cada curso são divididas em dois grupos. Assim sendo, cada grupo se dirige ao laboratório de informática na data e horário especificado pelo professor da disciplina.

4.3.1.2 Demonstração nas aulas de Biofísica

As turmas que avaliaram a multimídia cursaram a disciplina de Biofísica a partir do 2º semestre de 2006. Para aulas práticas, as turmas de cada curso são divididas em dois grupos. Assim sendo, cada grupo se dirige ao laboratório de informática na data e horário especificado pelo professor da disciplina. Na Tabela 4.2, para cada turma avaliada, foram ministradas duas aulas (sendo de 1 hora e meia cada uma) utilizando o recurso, para cada um dos cursos de graduação envolvidos. Abaixo são mencionados os dias, o horário, o local e o professor responsável pela disciplina durante as aulas teóricas, além do professor que demonstrou a multimídia durante as aulas práticas para os alunos avaliadores.

Tabela 4.2 - Dias, horário, local e professores responsáveis pela disciplina de Biofísica

Cursos	Dia	Horário	Local	Professor responsável pelas aulas teóricas	Professor responsável pela demonstração da multimídia
Ciências Biológicas	10/11/06	14:00 as 17:00	Bloco 4K	Rogério F. Lacerda	Rogério F. Lacerda
Medicina	21/11/06	14:00 as 17:00	Bloco 4K	Fábio de Oliveira	Rogério F. Lacerda
Medicina Veterinária	22/11/06	14:00 as 17:00	Bloco 4K	Rogério F. Lacerda	Rogério F. Lacerda
Ciências Biológicas	18/05/07	14:00 as 17:00	Bloco 4K e Biblioteca	Fábio de Oliveira	Fábio de Oliveira
Ciências Biológicas	23/05/07	-----	<i>Internet</i>	Fábio de Oliveira	----

Em algumas máquinas foi usada a versão aplicativo da multimídia de Biofísica, devido a problemas de conexão com a *Internet*. Foram usados 17 computadores do Laboratório de Informática da UFU (Campus Umuarama), e como cada uma das duas turmas de cada curso possui em média 20 estudantes, alguns formaram duplas ao utilizar os computadores.

Os alunos foram orientados na navegação pela multimídia, porém foram recomendados a não seguir estritamente o roteiro de aula. No caso de qualquer dúvida, tanto com relação à multimídia quanto em relação ao conteúdo exibido, o professor poderia ser solicitado para atendê-los.

A avaliação do sistema como material didático pelos alunos constituiu uma atividade da disciplina, sem valor de créditos.

4.3.1.3 Observações em sala de aula

Mediante as observações feitas em sala de aula durante as aulas de Biofísica, realizadas no Laboratório de Informática utilizando a multimídia de Biofísica, puderam-se constatar os fatos comentados abaixo.

Durante as aulas, alguns alunos demonstraram desinteresse inicial pelo recurso, fechando-o e abrindo *sites* na *Internet*, consultando *e-mails* ou jogando os jogos instalados nos computadores. Alguns minutos depois, os alunos voltaram suas atenções para as imagens e animações do sistema, não mais utilizaram outros recursos do computador a não ser a multimídia proposta. Alguns poucos alunos mantiveram seu desinteresse inicial, o que foi observado pela falta de atenção, conversas e acessos aleatórios através do conteúdo apresentado.

Apesar de tais observações, notou-se que grande parte dos estudantes manteve seu interesse, observando o conteúdo do *software* atentamente e comentando com seu parceiro ao lado sobre o programa. Muitos alunos ficaram atentos aos textos e imagens contidas na multimídia, lendo-os e copiando alguns trechos em seus cadernos.

Em alguns computadores impossibilitados no uso de *Internet*, foi instalada a versão em *software* da multimídia, e neste caso, alguns alunos manifestaram interesse em obter uma cópia do programa para utilizarem em suas casas. Foi dito aos alunos que o intuito no uso deste recurso prioriza a versão *online*, e que esta já estava disponível para eles no BioLabVirtual.

4.3.1.4 Monitoramento automático

Através do monitoramento automático obtiveram-se as seguintes conclusões:

- O pico de uso ocorreu nos últimos três dias que antecederam a avaliação (95%);
- O tempo médio de permanência dos usuários no sistema foi de 25 minutos;
- 60 % dos alunos utilizaram o bate-papo para sua comunicação;
- 30% dos estudantes utilizaram do recurso Agenda para marcarem seus compromissos.

4.3.1.5 Resultados na aplicação do questionário

a) 2º Semestre de 2006

Para esta avaliação foram disponibilizados dezessete computadores do laboratório de informática. Como cada uma das duas turmas de cada curso possui em média vinte estudantes, alguns formaram duplas ao utilizar os computadores.

Após a conclusão das aulas realizadas com a multimídia de Biofísica, 86 estudantes responderam e entregaram os questionários, sendo 30 alunos do curso de Ciências Biológicas, 22 estudantes do curso de Medicina Veterinária e 34 estudantes do curso de Medicina. No Anexo 4 foram reproduzidos os dezoito itens considerados nesta etapa do trabalho.

A partir das respostas do questionário, foi possível elaborar a Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Avaliação do Software de Biofísica (Vide Anexo 4)

	Item/Questão	Polaridade	Concordo	Sou Indiferente	Discordo
			%	%	%
Avaliação da Eficiência Informática do Sistema	1) O sistema BioLabVirtual possui uma interface fácil para o acesso aos recursos disponibilizados.	+	99%	1%	0%
	2) Usar o sistema de Biofísica via <i>Internet</i> é melhor do que utilizá-lo de forma <i>offline</i> .	+	87%	10%	2%
	3) É difícil encontrar os <i>links</i> para que eu acesse o Sistema de Biofísica.	-	12%	6%	83%
	4) Os <i>links</i> disponibilizados de forma seqüencial me ajudam na busca de informação.	+	88%	10%	1%
	5) O excesso de informação faz com que eu me perca.	-	3%	13%	84%
	6) O conteúdo disponibilizado no sistema vai me ajudar no estudo para avaliação da disciplina.	+	94%	3%	2%
	7) A multimídia explica bem aquilo que eu	+	86%	9%	5%

	quero saber sobre Biofísica de Membrana.				
	8) Não compreendo os textos explicativos que são apresentados no <i>software</i> .	-	2%	8%	90%
Eficiência Pedagógica da ferramenta	9) Através do sistema tenho melhor compreensão dos fenômenos físicos e químicos associados à neurotransmissão.	+	91%	8%	1%
	10) A multimídia me ajuda constatar a conexão entre os assuntos que foram estudados na sala de aula	+	95%	3%	1%
	11) Estudar através de imagens e animações facilita a minha aprendizagem.	+	93%	7%	0%
	12) As aulas de Biofísica, utilizando as animações, tornam-se uma importante ferramenta pedagógica.	+	87%	10%	2%
	13) A presença do professor é importante para o entendimento da matéria apresentada virtualmente.		62%	21%	17%
	14) Posso aprender sozinho tudo o que preciso utilizando apenas este recurso, sem a necessidade de um professor.		16%	19%	65%
	Interesse despertado pela Ferramenta	15) Poder usar o sistema através de <i>chats</i> torna aula virtual mais interessante e participativa.	+	93%	6%
16) O uso de Minha Agenda pessoal é muito interessante para que eu possa agendar meus compromissos.		+	86%	5%	9%
17) O “contato visual” com a matéria de Biofísica, realizado pelo computador, torna as aulas mais interessantes.		+	88%	8%	3%
18) Ter aulas com recursos computacionais me desperta na busca do conhecimento.		+	90%	7%	3%

Por análise de cada item, levou-se em conta o número de alunos (86) que assinalou cada uma das opções: Concordo, Sou indiferente ou Discordo, incluindo as respectivas porcentagens (%).

A polaridade de cada item foi indicada na segunda coluna. Quando positiva, a concordância com a afirmação do item expressa uma opinião favorável ao *software* e sua utilização, e a discordância expressa uma opinião desfavorável. Quando negativa, a concordância com a afirmação do item expressa uma opinião desfavorável ao *software* e sua utilização, e a discordância expressa uma opinião favorável.

Analisando a Tabela 4.3, excluindo-se os itens 13 e 14 que são neutros, pode-se constatar que nos 16 itens restantes, mais de 90% dos estudantes registraram respostas favoráveis ao *software*.

Já a afirmação indicando que “é difícil encontrar os *links* para que eu acesse a Multimídia de Biofísica” (Item 3), registrou o maior percentual em frente a uma afirmação negativa (12%).

Os itens referentes à aprendizagem obtiveram mais de 90% de respostas favoráveis ao *software* (itens 09, 10, 11, 12, 13, 14). Esses itens abordam questões relevantes, tais como: apoio do *software* ao desenvolvimento do raciocínio, capacidade de lembrar os assuntos estudados, melhor compreensão das aulas através do computador, ampliação dos conhecimentos sobre biofísica de membrana, compreensão dos textos apresentado no *software* e facilitação da aprendizagem com a utilização do *software*.

Todos os outros itens referentes a quaisquer outros aspectos contidos no *software* obtiveram uma posição favorável com mais de 85% de aprovação.

A proposta da construção desta multimídia foi feita objetivando sua utilização como recurso de auxílio às aulas ministradas pelos professores de Biofísica. Os itens 13 e 14 foram incluídos no questionário para avaliar a opinião dos estudantes quanto a isso.

A questão 13 manifesta a idéia de que a presença do professor é indispensável para o melhor entendimento do conteúdo apresentado pela multimídia de Biofísica. Já questão 14 defende a idéia de que seria possível aprender sozinho todo o conteúdo apresentado, utilizando apenas o *software*, sem a ajuda ou orientação de um professor.

A média ponderada geral alcançada com a análise dos itens 13 e 14 da Tabela 4.4 levam à conclusão que 63% dos estudantes concordaram com a importância da presença do docente (não conseguiriam aprender sozinhos, sem a orientação de um professor). Pouco mais de 16% dos alunos opinaram que a presença do professor não é tão relevante para o entendimento da matéria utilizando o *software*. 20% não se posicionaram perante tais afirmações.

Tabela 4.4 - Índice de concordância da importância da presença do docente durante as aulas com o software

FAVORÁVEL	INDIFERENTE	DESFAVORÁVEL
63,37%	19,77%	16,86%

Os resultados parciais dos três cursos de graduação perante a análise dos itens 15 e 16 são mostrados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Índice de concordâncias dos três cursos de graduação quanto à importância da presença do docente durante as aulas

CURSOS	FAVORÁVEL	INDIFERENTE	DESFAVORÁVEL
Ciências Biológicas	55,00%	26,67%	18,33%
Medicina	47,73%	20,45%	31,82%
Medicina Veterinária	80,88%	13,24%	5,88%

Analisando os resultados da Tabela 4.5, nota-se uma crescente importância dada à presença do professor, juntamente com a utilização do *software*, por parte dos cursos de Medicina Veterinária, Ciências Biológicas e Medicina.

Ao analisar os resultados mostrados, encontra-se um resultado semelhante àquele obtido por (MACHADO, 2006), ao analisar um *software* educacional sobre “Tópicos de Física Moderna”, que foi aplicado na disciplina de Física em nível médio. Nessa avaliação, a maioria dos alunos que utilizaram o *software* considerou importante a presença do professor para entender os conteúdos.

Com base na Tabela 4.3 foi possível obter a Tabela 4.6, indicando os índices de aprovação dos estudantes relativos à utilização do *software* nas aulas de Biofísica. Foi observada a polaridade de cada item. Para obtenção desses percentuais também foram excluídos os itens 13 e 14.

Tabela 4.6 - Índice de aprovação quanto à utilização do *software* na disciplina de Biofísica

FAVORÁVEL	INDIFERENTE	DESFAVORÁVEL
90%	7%	3%

Constatou-se um alto índice de aprovação da utilização do *software* na disciplina de Biofísica, atingindo os 90%. O índice de desaprovação foi de apenas 3%.

b) 1º Semestre de 2007 – Anteriormente à avaliação

A segunda avaliação foi realizada no dia 18/05, no 1º semestre letivo de 2007, para o curso de Ciências Biológicas, com o auxílio do Prof. Fábio de Oliveira. Esta data antecedia a prova da disciplina sobre o conteúdo da multimídia, com o intuito do professor em fornecer a multimídia como recurso preparatório para prova da disciplina. Vide Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Segunda avaliação da Multimídia de Biofísica (Vide Anexo 4)

	Item/Questão	Polaridade	Concordo	Sou Indiferente	Discordo
			%	%	%
Avaliação da Eficiência Informática do Sistema	1) O sistema BioLabVirtual possui uma interface fácil para o acesso aos recursos disponibilizados.	+	94%	6%	0%
	2) Usar o sistema de Biofísica via <i>Internet</i> é melhor do que utilizá-lo de forma <i>offline</i> .	+	75%	22%	3%
	3) É difícil encontrar os <i>links</i> para que eu acesse o Sistema de Biofísica.	-	22%	13%	66%
	4) Os <i>links</i> disponibilizados de forma seqüencial me ajudam na busca de informação.	+	97%	0%	3%
	5) O excesso de informação faz com que eu me perca.	+	9%	13%	78%
	6) O conteúdo disponibilizado no sistema vai me ajudar no estudo para avaliação da disciplina.	+	91%	6%	3%
	7) A multimídia explica bem aquilo que eu quero saber sobre Biofísica de Membrana.	+	78%	16%	6%
	8) Não compreendo os textos explicativos que são apresentados no <i>software</i> .	-	6%	6%	88%
Eficiência Pedagógica da ferramenta	9) Através do sistema tenho melhor compreensão dos fenômenos físicos e químicos associados à neurotransmissão.	+	97%	3%	0%
	10) A multimídia me ajuda constatar a conexão entre os assuntos que foram estudados na sala de aula	+	94%	6%	0%
	11) Estudar através de imagens e animações facilita a minha aprendizagem.	+	97%	3%	0%
	12) As aulas de Biofísica, utilizando as animações, tornam-se uma importante ferramenta pedagógica.	+	100%	0%	0%
	13) A presença do professor é importante para o entendimento da matéria apresentada virtualmente.		78%	3%	19%
	14) Posso aprender sozinho tudo o que preciso utilizando apenas este recurso, sem a necessidade de um professor.		6%	6%	88%
Interesse despertado pela Ferramenta	15) Poder usar o sistema através de <i>chats</i> torna aula virtual mais interessante e participativa.	+	78%	19%	3%
	16) O uso de Minha Agenda pessoal é muito interessante para que eu possa agendar meus compromissos.	+	56%	41%	3%
	17) O “contato visual” com a matéria de Biofísica, realizado pelo computador, torna as aulas mais interessantes.	+	88%	9%	3%
	18) Ter aulas com recursos computacionais me desperta na busca do conhecimento.	+	94%	6%	0%

O item 03, que contém a sentença indicando que “é difícil encontrar os links para que eu acesse o Sistema de Biofísica” foi o que registrou menor percentual de estudantes favoráveis ao programa, com um índice de aprovação de 66%. Do total, 13% mostraram-se indiferentes com relação a essa questão. O fato de que 22% dos estudantes concordaram com

item, mostra que nem todos consideram que o sistema possua uma fácil navegabilidade para encontrar o assunto desejado. Porém, esse resultado deve ser comparado com o índice de aprovação de 94% alcançado no item 01, com apenas 6% de indiferença. Esse outro item afirma que o sistema possui uma interface fácil para o acesso aos recursos disponibilizados. Essa certa discrepância nas respostas pode indicar que alguns estudantes interpretaram de maneira diferente esses itens, diferenciando as duas afirmações que são na verdade semelhantes.

Essa afirmação pode ser reforçada em razão dos demais itens referentes à aprendizagem, que obtiveram mais de 90% de respostas favoráveis ao *software* (itens 09, 10, 11, 12, 13, 14). Esses itens abordam questões relevantes, tais como: apoio do *software* ao desenvolvimento do raciocínio, capacidade de lembrar os assuntos estudados, melhor compreensão das aulas através do computador, ampliação dos conhecimentos sobre biofísica de membrana, compreensão dos textos apresentados no *software* e facilitação da aprendizagem com a utilização do *software*.

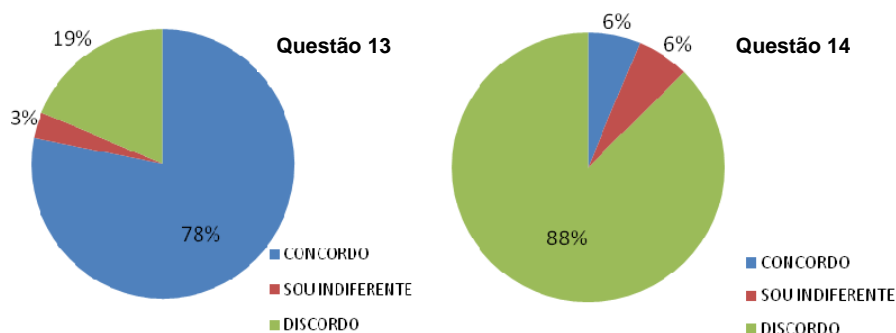
Todos os itens referentes a aspectos funcionais do sistema obtiveram uma posição favorável com mais de 80% de aprovação.

Os itens 13 e 14 não foram considerados na análise da aprovação dos estudantes quanto à utilização do *software*, porque os mesmos não são favoráveis ou desfavoráveis ao programa em si, pois se referem à sua utilização de modo independente pelos alunos com o apoio ou não por parte do professor. A proposta do *software* foi feita objetivando sua utilização enquanto instrumento de apoio às aulas desenvolvidas pelo professor de Biofísica, esses itens foram incluídos no questionário para avaliar a opinião dos estudantes quanto a isso.

A questão 13 manifesta a idéia de que a presença do professor é importante para um melhor entendimento do conteúdo apresentado pelo *software*. A questão 14 defende a idéia de que seria possível aprender sozinho todo o conteúdo apresentado utilizando o *software*, sem a ajuda ou orientação do professor de Biofísica. De acordo com a média ponderada geral alcançada com a análise dos itens 13 e 14 (Tabela 4.8 e Fig. 4.2), mais de 83% dos estudantes concordaram que a presença do professor é importante, e que não conseguiriam aprender sozinhos, sem a orientação ou explicação do professor, todo o conteúdo de Biofísica abordado pelo *software*. Pouco mais de 12% dos alunos opinaram que a presença do professor não é assim tão relevante para o entendimento da matéria utilizando o *software*. Embora tenha sido considerável o nível de indiferença dos estudantes que optaram por não se posicionar perante tais afirmações (5%), a grande maioria procurou informar suas respostas.

Tabela 4.8 - Índice da importância da presença do professor durante as aulas com sistema

Item	Polaridade	CONCORDO		SOU INDIFERENTE		DISCORDO	
		N	%	N	%	N	%
13		25	78%	1	3%	6	19%
14		2	6%	2	6%	28	88%

**Figura 4.2 - Gráfico comparativo questão 13 e questão 14 para a Multimídia de Biofísica, onde se avalia a importância do docente no ensino desta disciplina.**

Essas respostas reforçam a condição de que o *sistema*, enquanto recurso didático, é melhor aproveitado quando há um professor para orientar as atividades e esclarecer dúvidas a fim de obter um melhor aproveitamento das possibilidades educacionais do programa.

Com base na Tabela 4.8, foi possível obter a Tabela 4.9, que indica os índices de aprovação dos estudantes relativos à utilização do *sistema* nas aulas de Biofísica. No cálculo realizado observou-se a polaridade de cada item. Para obtenção desses percentuais também foram excluídos os itens 13 e 14.

Tabela 4.9 - Índice de aprovação quanto à utilização da multimídia na disciplina de Biofísica

CONCORDO	SOU INDIFERENTE	DISCORDO
87%	10%	3%

Constatou-se um alto índice de aprovação da utilização do *software* na disciplina de Biofísica, sendo maior que 85%. O índice de desaprovação foi de menos de 5%. Grande parte dos estudantes se posicionou em suas respostas, resultando em um índice de indiferença de 10%. Esses valores indicam que houve grande aceitação do *sistema* e da utilização de recursos multimídia nas aulas por parte dos estudantes.

Comparando os resultados do 2º semestre de 2006 com os do 1º semestre de 2007, gera-se a Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Índice de aprovação da avaliação do 2º semestre de 2006 com 1º semestre de 2007

Avaliações	CONCORDO	SOU INDIFERENTE	DISCORDO
2º Semestre de 2006	90%	7%	3%
1º Semestre de 2007	87%	10%	3%

Não houve mudanças significativas quanto à aprovação no uso da multimídia, comparando os dois semestres.

Em comparação com os itens 13 e 14, quanto à presença do professor no uso da multimídia de Biofísica, tem-se a Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Índice da importância da presença do professor nos dois semestres

Avaliações	CONCORDO	SOU INDIFERENTE	DISCORDO
2º Semestre de 2006	63%	20%	17%
1º Semestre de 2007	83%	13%	5%

Encontra-se um aumento de 20% de concordância na importância da presença do professor nas aulas com a multimídia de Biofísica. Uma diminuição de 12% na discordância e apenas 13% no 1º semestre de 2007 não se posicionaram, ao contrário do 2º semestre de 2006 que era de 20% de indiferença.

4.3.1.6 Problemas encontrados na realização dos testes

Para aplicação do teste foram encontrados os seguintes problemas:

- Versão do *plugin FLASH PLAYER*
Em alguns computadores o *software* de Biofísica encontrou problemas em sua execução. As versões do *plugin Adobe Player* foi um deles. Como o acesso à máquina era restrito ao usuário, não foi possível a instalação das novas versões.
- Velocidade da *Internet* em rede
No Laboratório de Informática em que foi realizado o teste, a velocidade de conexão estava extremamente baixa, e em alguns casos não foi possível o acesso.
- Problemas com a rede

Algumas máquinas do Laboratório estavam impossibilitadas de se conectarem à *Internet* por problemas de cabeamento de redes. Neste caso, foi disponibilizado a versão *offline* da multimídia de Biofísica.

c) 1º Semestre de 2007 – Posterior à avaliação

A terceira avaliação foi realizada na semana posterior à prova da disciplina de Biofísica (23 a 30 de maio de 2007) para o curso de Ciências Biológicas, considerando a mesma turma da segunda avaliação. Como a multimídia de Biofísica era a principal ferramenta de estudo para prova, o objetivo foi analisar como foi a experiência dos estudantes em estudarem através de um programa de computador via *Internet*. Nesse intuito foi aplicado novamente um questionário eletrônico a esta turma de estudantes, na qual 22 alunos (69%) responderam com êxito a tarefa.

Este questionário levou em consideração a opinião do estudante sobre aspectos gerais da multimídia, questões pedagógicas e funcionalidade. Vide Tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Avaliação Pós-prova da multimídia de Biofísica (Vide Anexo 5)

	Item/Questão	Polaridade	Concordo	Sou Indiferente	Discordo
			%	%	%
Avaliação Informática do Sistema	1) O sistema via <i>Internet</i> apresentou rapidez no acesso tanto na universidade como em casa.	+	63%	0%	38%
	2) Os links disponibilizados de forma sequencial me ajudam na busca de informação.	+	75%	25%	0%
	3) A organização do conteúdo não facilitou a navegação pela multimídia de Biofísica.	-	25%	0%	75%
Avaliação Pedagógica do sistema	4) Ter estudado pela multimídia de Biofísica fez com que eu lembrasse os conceitos ligados à Neurotransmissão durante a prova.	+	71%	17%	13%
	5) Através da aula virtual de Biofísica os alunos se tornam mais independentes dos professores.		13%	12%	75%
	6) O sistema fez com que eu compreendesse melhor os fenômenos associados à neurotransmissão.	+	92%	4%	4%
	7) A multimídia de Biofísica influenciou o resultado final da prova.	+	63%	25%	13%
	8) Se todas as disciplinas possuísem seu conteúdo em multimídia, seria bem mais fácil entender seus conceitos.	+	100%	00%	0%
Interesse	9) Estudar através do sistema com o uso de chats para comunicação entre os alunos torna o estudo melhor do que o convencional.	+	58%	29%	13%

10) O “contato visual” com a matéria de Biofísica através do computador tornou o estudo mais interessante.	+	94%	0%	6%
--	---	-----	----	----

O item 01, que contém a sentença sobre velocidade de acesso tanto na universidade como em casa foi o que registrou menor percentual de estudantes favoráveis, com um índice de 38%. Do total, 63% concordaram com a afirmativa e não houve indiferentes. Esse alto índice mostra a limitação de acesso a *Internet* de alta de velocidade para muitos alunos. Esse resultado deve ser comparado com o índice de aprovação de 94% alcançado no item 10, que inclui apenas 6% de discordância.

Analisando a multimídia como um recurso de estudo para disciplina de Biofísica, obteve-se 80% de aprovação pelos estudantes, itens referentes a aspectos funcionais do sistema obtiveram uma posição favorável com mais de 65% de aprovação, em média.

Com base na Tabela 4.12, foi possível obter a Tabela 4.13, que indica os índices de aprovação dos estudantes relativos à utilização do sistema nas aulas de Biofísica. Para obtenção desses percentuais foi excluído o item 05.

Tabela 4.13 - Índice de aprovação quanto à utilização da multimídia na disciplina de Biofísica

CONCORDO	SOU INDIFERENTE	DISCORDO
77%	11%	12%

Constatou-se um alto índice de aprovação da utilização do *software* na disciplina de Biofísica, sendo maior que 75%. O índice de desaprovação foi menor que 12%. Grande parte dos estudantes se posicionou em suas respostas, resultando em um índice de indiferença de 11%. Esses valores indicam que houve grande aceitação do *sistema* e da utilização de recursos multimídia nas aulas, bem como para estudo da avaliação da disciplina.

Comparando os resultados do 2º semestre de 2006, do 1º semestre de 2007 e da avaliação posterior a prova, encontra-se a Tabela 4.14.

Tabela 4.14 - Índice de aprovação da avaliação do 2º semestre de 2006 com 1º semestre de 2007

Avaliações	CONCORDO	SOU INDIFERENTE	DISCORDO
2º Semestre de 2006	90%	7%	3%
1º Semestre de 2007	87%	10%	3%
Avaliação Pós-prova	77%	11%	12%

Não houve mudanças significativas quanto à aprovação no uso da multimídia, comparando os dois semestres.

A Tabela 4.15 discute resultados quanto à importância da presença do professor no uso

da multimídia de Biofísica. Em comparação com os índices encontrados no 2º semestre de 2006, tem-se um aumento na concordância quanto à relevância da presença docente de 20%, o que foi avaliado anteriormente à prova. Por outro lado, esta porcentagem de concordância diminuiu de 11% após a prova. O nível de indiferença caiu 7%, permanecendo constante nas duas últimas avaliações. Quanto ao percentual de discordância, obteve uma diminuição de 12% e 4% respectivamente.

Tabela 4.15 - Índice da importância da presença do professor nos dois semestres

Avaliações	CONCORDO	SOU INDIFERENTE	DISCORDO
2º Semestre de 2006	63%	20%	17%
1º Semestre de 2007 Anterior a prova	83%	13%	5%
1º Semestre de 2007 Posterior a prova	74%	13%	13%

4.3.2 Atlas de Neuroanatomia online

4.3.2.1 Disciplina de Anatomia Humana

A disciplina de Anatomia Humana tem como objetivo promover a aquisição dos conhecimentos morfológicos essenciais. Esta disciplina é ministrada em diversos cursos de graduação da Universidade Federal de Uberlândia, destacando-se Medicina, Medicina Veterinária, Enfermagem e Engenharia Biomédica.

4.3.2.3 Demonstração nas aulas de Anatomia

O Atlas de Neuroanatomia na versão *online* foi divulgado pelos professores a diversos cursos da Universidade Federal de Uberlândia, mas foi escolhido para ser avaliado no curso de Engenharia Biomédica. Para avaliação, foi construído um questionário contendo dezoito itens. Para cada resposta referente aos itens, foram criadas categorias de análise. Respostas semelhantes foram agrupadas de acordo com tais categorias, o que permitiu uma visão sintética.

4.3.2.4 Resultados na aplicação do questionário

Esta avaliação foi realizada no 1º semestre letivo de 2007, período precedente à prova da disciplina no conteúdo de Neuroanatomia, com intuito de oferecer o Atlas como instrumento de estudo. A avaliação ocorreu através de um questionário (Anexo 6), após um mês de utilização do Atlas, permitindo um tempo maior para o estudo e preparação para a prova. Assim que o conteúdo de Neuroanatomia foi finalizado, disponibilizou-se o questionário via *web* a todos os alunos do 2º período do curso de Engenharia Biomédica, sendo que 18 estudantes (95%) responderam ao questionário.

Tabela 4.16 - Avaliação do Atlas de Neuroanatomia (Vide Anexo 6)

	Item/Questão	Polaridade	Concordo	Sou Indiferente	Discordo
			%	%	%
Avaliação da Eficiência informática do sistema	1) O sistema BioLabVirtual possui uma interface fácil para o acesso aos recursos disponibilizados.	+	83%	17%	0%
	2) Usar o Atlas via <i>Internet</i> é melhor do que utilizá-lo de forma <i>offline</i> .	+	28%	22%	50%
	3) É difícil encontrar os <i>links</i> no BioLabVirtual para acessar o Atlas de Neuroanatomia.	-	17%	33%	50%
	4) Os <i>links</i> disponibilizados de forma seqüencial me ajudam na busca de informação.	+	44%	44%	11%
	5) O uso de Minha Agenda pessoal é muito interessante para que eu possa agendar meus compromissos.	+	44%	56%	0%
	6) O <i>Software</i> explica bem aquilo que eu desejo saber sobre Neuroanatomia.	+	39%	39%	22%
	7) Não compreendo os textos explicativos que são apresentados no <i>software</i> .	-	11%	11%	78%
Avaliação da eficiência pedagógica do sistema	8) O excesso de informação faz com que eu me perca.	-	0%	11%	89%
	9) O Atlas faz com que eu compreenda melhor os assuntos abordados em sala de aula.	+	83%	17%	0%
	10) O <i>software</i> me ajuda a constatar a conexão entre os assuntos que foram estudados na sala de aula.	+	44%	56%	0%
	11) O Atlas de Neuroanatomia é um grande passo para criação de um Atlas de Anatomia completo.	+	94%	6%	0%
	12) Ver as imagens de forma digital facilita a minha visualização das estruturas anatômicas.	+	39%	50%	11%
	13) O conteúdo disponibilizado no sistema vai me ajudar no estudo para avaliação da disciplina.	+	78%	22%	0%
	14) A presença do professor é importante para o entendimento do conteúdo apresentado virtualmente.		72%	6%	22%
	15) Posso aprender sozinho tudo o que preciso utilizando apenas este recurso, sem a necessidade de um professor.		0%	22%	78%

Interesse despertado	16) Poder usar o sistema através de <i>chats</i> torna aula virtual mais interessante e participativa.	+	56%	33%	11%
	17) O “contato visual” com a matéria de Neuroanatomia via computador torna aula mais interessante.	+	66%	14%	20%
	18) Ter aulas com recursos computacionais me desperta na busca do conhecimento.	+	78%	11%	11%

O item 02, que contém a sentença “*Usar o Atlas via Internet é melhor do que utilizá-lo de forma offline*”, registrou menor percentual de estudantes favoráveis, com um índice de aprovação de 28%. Do total, 22% mostraram-se indiferentes com relação a essa questão. O fato de 50% dos estudantes concordarem com este item mostra que a maioria prefere o uso de aplicativos a sistemas via *Internet*, levando-se em conta a versão inicial do Atlas, possuindo portanto muitas limitações. Porém, esse resultado deve ser comparado com o índice de aprovação de 89% alcançado no item 08, que inclui 11% de indiferença. Certas discrepâncias nas respostas podem indicar que alguns estudantes interpretam de maneira diferente esses itens, diferenciando as duas afirmações, que são na verdade semelhantes.

O item 11 afirma que “*O Atlas de Neuroanatomia é um grande passo para criação de um Atlas de Anatomia completo*”, constata-se a expectativa dos estudantes através do maior percentual de concordância (94%).

Nos itens (08, 09, 10, 11, 12, 14, 15), que tratam da aprendizagem adquirida pelo uso do Atlas, 64% dos alunos concordam com as afirmativas quanto ao ganho na aprendizagem e 29% são indiferentes. Esses itens abordam questões relevantes, tais como: capacidade de lembrar os assuntos estudados, melhor compreensão das aulas através do computador, ampliação dos conhecimentos sobre Neuroanatomia, compreensão dos textos apresentados no *Atlas* e facilitação da aprendizagem com a utilização do *software*.

Todos os itens referentes a aspectos funcionais do sistema obtiveram uma posição favorável, com aproximadamente 60% de aprovação.

Os itens 14 e 15 não foram considerados na análise da aprovação dos estudantes quanto à utilização do *software*, porque os mesmos não são favoráveis ou desfavoráveis ao programa em si, pois se referem à sua utilização de modo independente pelos alunos com o apoio ou não por parte do professor. A proposta do *Atlas de Neuroanatomia* foi feita objetivando sua utilização enquanto instrumento de apoio às aulas de Anatomia, sendo que esses itens foram incluídos no questionário para avaliar a opinião dos estudantes quanto a isso.

A questão 14 manifesta a idéia de que a presença do professor é importante para um melhor entendimento do conteúdo apresentado pelo *Atlas*. A questão 15 defende a idéia de que seria possível aprender sozinho todo o conteúdo apresentado utilizando o *Atlas de Neuroanatomia*, sem a ajuda ou orientação do professor de Anatomia. De acordo com a média ponderada geral alcançada com a análise dos itens 14 e 15 (Tabela 4.17 e Fig. 4.3), mais de 75% dos estudantes concordaram que a presença do professor é importante, e que não conseguiriam aprender sozinhos, sem a orientação ou explicação do professor, todo o conteúdo de Neuroanatomia abordado pelo *Atlas*. Pouco mais de 14% dos alunos opinaram que a presença do professor não é assim tão relevante para o entendimento da matéria utilizando o *Atlas*. Embora tenha sido considerável o nível de indiferença dos estudantes que optaram por não se posicionar perante tais afirmações (14%), a grande maioria procurou manifestar suas respostas.

Tabela 4.17 - Índice de concordância da importância da presença do professor durante o uso do *Atlas*

Item	Polaridade	CONCORDO		SOU INDIFERENTE		DISCORDO	
		N	%	N	%	N	%
14		13	72%	1	6%	4	22%
15		0	0%	4	22%	14	78%

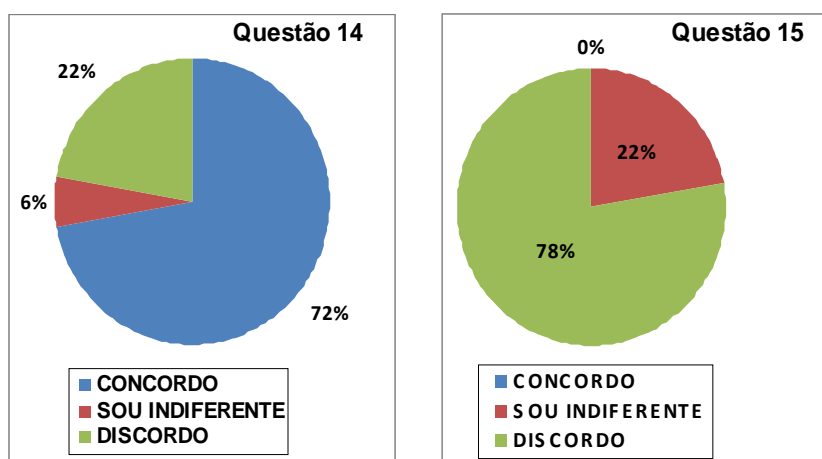


Figura 4.3 - Gráfico comparativo questão 14 e questão 15 para o *Atlas de Neuroanatomia*, onde se avalia a importância do docente no ensino desta disciplina.

Essas respostas reforçam a condição de que o *sistema*, enquanto recurso didático, é melhor aproveitado quando há um professor para orientar as atividades e esclarecer dúvidas, para se obter um melhor aproveitamento das possibilidades educacionais do programa.

Com base na Tabela 4.16, foi possível obter a Tabela 4.18, que indica os índices de aprovação dos estudantes relativos à utilização do *Atlas de Neuroanatomia*. No cálculo

realizado observou-se a polaridade de cada item. Para obtenção desses percentuais também foram excluídos os itens 14 e 15.

Tabela 4.18 - Índice de aprovação quanto à utilização do Atlas de Neuroanatomia

CONCORDO	SOU INDIFERENTE	DISCORDO
60%	26%	14%

Constatou-se um médio valor percentual de aprovação da utilização do *Atlas de Neuroanatomia* na disciplina de Anatomia Humana, sendo maior que 60%. O índice de desaprovação foi menor que 15%. Grande parte dos estudantes se posicionou em suas respostas, resultando ainda um alto percentual de indiferença (maior que 25%). Esses valores indicam que houve uma boa aceitação do Sistema, mas pode-se melhorar tais índices com acréscimo de novas funcionalidades.

4.3.2.5 Problemas citados pelos alunos na avaliação

Problemas apontados pelos alunos ao utilizar o Atlas de neuroanatomia *online*:

- **Mecanismo de Busca:** alguns alunos sugeriram a criação de um mecanismo de busca por palavras-chaves, facilitando a localização de determinadas estruturas anatômicas;
- **Textos explicativos:** para a maioria dos alunos, esta versão do Atlas é pobre em textos explicativos das partes anatômicas mostradas nas imagens;
- **Referências Bibliográficas:** a falta de uma base de referencias bibliográficas para extensão de material de estudo para os alunos;
- **Erros de nomes nas partes anatômicas:** como se trata da primeira versão do Atlas, foram encontrados alguns erros na nomenclatura anatômica de algumas estruturas. Para próxima versão, uma revisão desses termos já está sendo realizada.

4.4 Conclusões Gerais

Este capítulo descreve as estratégias de avaliação pesquisadas, os métodos utilizados nesta avaliação e demonstra os resultados concernentes à aplicação do BioLabVirtual a cinco diferentes cursos de graduação da UFU, durante o período compreendido entre o 2º semestre de 2006 e o 1º semestre de 2007 (1 ano), envolvendo um total de 138 estudantes.

A metodologia principal se baseou no trabalho de (MACHADO, 2006), que demonstra através de cinco pilares como um teste pode ser implementado, segundo (LANGFORD, 1993): observação direta, monitoramento de fundo, questionamento verbal, questionário formais e testes envolvendo um período anterior \ posterior.

Os métodos utilizados para avaliação da Multimídia de Biofísica e do Atlas de Neuroanatomia foram:

- Observação direta: auxilia a obtenção de informações sobre o comportamento dos estudantes durante a utilização do sistema. Realizado apenas no caso da multimídia de Biofísica;
- Questionários formais: contém questões especialmente elaboradas como forma de se obter as opiniões dos estudantes sobre um conjunto de itens relativo ao sistema, em média 85% dos alunos responderam aos questionários. Para a multimídia de Biofísica, 96% dos estudantes em média responderam os questionários presenciais, e 69%, o questionário eletrônico. Já para o Atlas de Neuroanatomia, 95% dos estudantes responderam o questionário eletrônico que foi fornecido;
- Teste envolvendo um período anterior e posterior: avaliações realizadas em semestres diferentes como forma de obter dados comparativos em períodos diferentes. Usado somente na avaliação do *software* de Biofísica;
- Monitoramento remoto: registro pelo computador das interações realizadas pelo usuário com o *mouse* e o teclado, tais como pressionar um botão, abrir uma janela e o tempo de uso em cada utilização.

Em todas estas avaliações, buscou-se quantificar a eficiência pedagógica da proposta, em termos de aquisição de novos conhecimentos e de motivação para estudo; bem como a eficiência informática, seguindo os padrões de qualidade IEEE.

As avaliações referentes à Multimídia de Biofísica foram realizadas com o total de 118 alunos dos cursos de Medicina, Medicina Veterinária e Ciências Biológicas. Já na avaliação

do Atlas Neuroanatômico, submeteu-se o questionário a 18 alunos do 2º período do curso de Engenharia Biomédica, no contexto da disciplina de Anatomia Humana.

Através da aplicação dos questionários obtiveram-se os seguintes resultados.

- O percentual de aprovação no uso de multimídia de Biofísica chegou à casa dos 90% no 1º semestre de 2007, tendo um aumento de quase 13% de aprovação em relação ao 2º semestre de 2006. O Atlas de Neuroanatomia obteve um percentual de 60% de aprovação, atingindo quase 30% de indiferença e 11% de desaprovação. Estes dados podem ser entendidos pelas limitações da versão inicial em que o Atlas se encontra. Em particular, no 1º semestre de 2007, uso do Atlas via *Internet* corresponde à melhor opção para 50% dos estudantes, em detrimento à versão *offline* (CD-ROM).
- As respostas reforçam a condição de que a multimídia de Biofísica e o Atlas de Neuroanatomia, enquanto recursos didáticos, são melhor aproveitados quando há um professor para orientar as atividades e esclarecer dúvidas, obtendo-se um melhor aproveitamento das possibilidades educacionais do programa. Para o Atlas, mais de 72% dos estudantes concordaram na importância da presença de um professor que oriente o uso destes recursos, enquanto que 82% dos estudantes que se utilizaram da multimídia de Biofísica mantêm a mesma opinião.
- Comparando os dois questionários aplicados no 1º semestre de 2007, anterior e posterior à avaliação da disciplina, pode-se destacar: pequena diminuição do percentual de aprovação do sistema, que passou de 87% para 77%; queda de 20% no que se refere a considerar *chats* como instrumento para tornar a aula mais interessante e participativa; queda de 94% para 71% de concordância a respeito da multimídia como ferramenta pedagógica interessante; aumento de 66% para 75% de apoio ao sistema em termos da organização e do acesso ao conteúdo; quanto aos aspectos funcionais, queda de 82% para 68% em termos da concordância quanto às respostas positivas.
- Para os alunos, o sistema de Biofísica apresenta um amplo conteúdo, de forma clara e objetiva, interligando os assuntos, de fácil utilização (97%). Já para o Atlas, observou-se um percentual de 89% de facilidade de uso.
- Pode ser notado que estes recursos motivam os alunos, despertando seu interesse e melhorando sua concentração, tornando-as aulas e o próprio conteúdo estudado mais

interessante. A Multimídia de Biofísica alcançou em média 85%, e o Atlas, 60% de concordância em respostas favoráveis.

- No monitoramento remoto durante o período de avaliação, notou-se que houve uma concentração no uso do sistema nos dias que antecederam a avaliação (95%). O tempo de permanência dos usuários no sistema foi de 25 minutos, 60% dos alunos utilizaram o bate-papo para sua comunicação e 30% dos estudantes utilizaram do recurso Agenda para marcarem seus compromissos.
- Já na observação realizada em sala de aula, pode-se notar que grande parte dos alunos manteve seu interesse, observando o conteúdo do *software* atentamente. Acessaram os textos e as imagens contidas na multimídia de Biofísica, lendo-os e até mesmo copiando alguns trechos em seus cadernos.
- Durante as avaliações do sistema, os professores comentaram sobre a importância dessas ferramentas para o ensino em Neurociências.
 - a) “Antes da utilização da multimídia, os alunos encontravam dificuldades para entender o conteúdo ensinado em sala de aula. Agora através do recurso, os estudantes conseguem visualizar na forma de animações o que antes era visto apenas no quadro de aula e nos livros”. (Prof. Fábio de Oliveira – ICBIM/UFU – Professor de Biofísica há 7 anos)
 - b) “A multimídia faz com que o aluno interligue o que foi ensinado em sala de aula com o que acontece internamente a nível microscópico, mostrado pelas animações. Este recurso elevou o nível das aulas, facilitando a aprendizagem e proporcionando uma maneira que os alunos gostam de trabalhar”. (Maria Abadia Ramos – ICBIM/UFU - Professora de Biofísica há 18 anos)
 - c) “O uso do *software* foi positivo, pois suas animações proporcionam o entendimento dinâmico dos processos que ocorrem na célula. Sem dúvida, através do uso dessas animações, o aluno entende o conteúdo mais facilmente”. (Rogério F. Lacerda – ICBIM/UFU - Professor de Biofísica há 2 anos)

De forma geral, todos os recursos aqui avaliados são considerados como importantes ferramentas, permitindo por meio de animações e imagens tornarem as aulas mais dinâmicas e envolventes para os alunos; permite um trabalho com maior riqueza de detalhes, que muitas vezes o professor não conseguiria abordar sem auxílio de animações; o aluno motiva-se por visualizar modelos móveis que são dificilmente imaginados apenas com as ilustrações dos

livros, além de visualizar os transportes de íons através das membranas, evidenciados na multimídia de Biofísica; ajuda a otimizar o tempo dos estudos, permitindo ao aluno acompanhar o conteúdo com uma leitura básica.

Estas ferramentas mostram-se um forte recurso didático no processo de ensino-aprendizagem, despertando o interesse e a concentração dos alunos, facilitando e aumentando a compreensão do conteúdo estudado.

Alguns dos problemas encontrados durante as avaliações na multimídia de Biofísica estão listados abaixo, observados pelo próprio pesquisador:

- Versões do *plugin* necessários para execução;
- Velocidade da *Internet* nos laboratórios utilizados;
- Problemas com a rede de computadores (falta de cabeamento e acesso como administrador);

Já os alunos destacam alguns agravantes em geral:

- 2º semestre de 2006: “Dificuldade de encontrar os *links* para o acesso ao sistema”, com 12% de concordância, 6% indiferença e 83% de discordância.

Já no Atlas de Neuroanatomia, alguns problemas foram citados pelos alunos:

- Falta de um mecanismo de busca;
- Erros de estruturas anatômicas;
- Poucos textos explicando as estruturas oferecidas;
- Falta de *links* para acesso aos outros Atlas virtuais já existentes;

As observações realizadas durante a aplicação dos *softwares* revelaram que, de modo geral, os programas alcançaram seus objetivos de tornar a aprendizagem do conteúdo de Biofísica e da Neuroanatomia mais motivador e interessante, conseguindo gerar o engajamento dos estudantes na exploração do *software* e no esclarecimento de dúvidas.

Referências Bibliográficas

ATHAYDE, M. I. **Desenvolvimento, aplicação e avaliação de *coursewares* de física para o 2º grau: uma experiência piloto.** (Tese de Mestrado). Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990. 184 p.

BOTELHO, M. L. D. A. **Concepção, desenvolvimento e avaliação de um sistema de ensino virtual.** (Tese de doutorado). Departamento de Engenharia Biomédica, UNICAMP, Campinas - SP, 2006. 177 p.

CAMPOS, F. C. A. **Hipermídia na educação: paradigmas e avaliação da qualidade.** (Tese de Mestrado). Engenharia de Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994. 137 p.

IEEE. **The Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Std 829: Standard for Software Test Documentation.** New York: IEEE Computer Society. 1998

LANGFORD, D. Evaluating a hypertext document. **Aslib Proceedings**, v.45, n.9, p. 221-226. 1993

MACHADO, D. I. **Construção de conceitos de Física moderna e sobre a natureza da Ciência com o suporte da Hipermídia.** (Tese de Doutorado). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006. 300 p.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software.** São Paulo: Ed. McGraw Hill. 5.ed. , v. 2001. 843 p.

5. Conclusões

Surgem no cenário educacional abordagens pedagógicas que suportam uma aproximação personalizada, flexível e centralizada na aprendizagem, substituindo assim a velha abordagem tradicional, garantindo uma adaptação tecnológica significativa, crítica, criativa e duradoura por parte dos alunos, para que sirva como instrumento de construção da cidadania e de transformação da realidade.

No Brasil e no mundo o modelo educacional que vem sendo utilizado nas Universidades parece permanecer estático e resistente a mudanças, por muitas décadas. Gradativamente, o computador deixa seu papel de repositório flexível de informação para assumir a responsabilidade de ferramenta de apoio à investigação, pesquisa e criação.

Nos cursos de Engenharia Biomédica, a grande dificuldade enfrentada está no ensino de disciplinas médicas para os alunos. Tem-se o exemplo da disciplina de Anatomia Humana, em que os estudantes, além de estudarem as estruturas anatômicas, precisam entender fisiologicamente qual o papel destas. Para um aluno acostumado a um curso extremamente matemático, muitas dificuldades de aprendizagem tendem a surgir devido a essa interdisciplinaridade. Outros problemas se referem à pequena ou inexistente formação pedagógica dos docentes, o distanciamento da indústria e da academia, e à resistência dos professores quanto à utilização de novas tecnologias para propósitos pedagógicos.

Em particular, no que se refere à Neuroanatomia, podem-se destacar também falta de peças humanas para estudo, dificuldades na obtenção do cérebro humano, durabilidade do encéfalo, falta de alunos treinados para monitoria e dificuldade de visualização dos processos fisiológicos.

Do ponto de vista das iniciativas pedagógicas envolvendo o uso da EAD e informática, podem-se destacar as seguintes conclusões da análise da literatura.

1. No Brasil, as instituições credenciadas para o EAD em nível federal utilizam predominantemente material pedagógico impresso (80% dos casos);
2. **Engenharia Biomédica:** Iniciaram-se a nível presencial e se tornaram à distância. Pode-se notar que 36% dos artigos não fornece o número de estudantes entrevistados ou que responderam ao questionário de avaliação; 45,5% discutem uma metodologia de testes; e o tempo de aplicação foi demonstrado em apenas 36,5%. Em média, as

avaliações consideram 100 estudantes, todos com formação em uma única área do conhecimento, avaliados durante 2 meses com 86% de respostas favoráveis ao uso de ferramentas pedagógicas informáticas.

3. **Área da saúde:** Em 50% dos artigos apresentam-se metodologias de testes, sendo que em apenas 30% destes são mostradas a quantidade de estudantes que foram submetidos à avaliação. 40% descrevem os resultados obtidos, que são bastante satisfatórios.
4. **Neuroanatomia:** Possuem como objetivo comum fornecer conceitos, imagens e correlação funcional de suas estruturas. São fontes de informação para educadores, estudantes, médicos e pacientes. Poucos sítios fornecem reconstruções em 3D (23%) ou jogos de perguntas para teste de aprendizagem (15%).

Para validação do uso da *Internet* como canal do conhecimento, foi realizado um estudo de acessibilidade da *web* junto à estudantes de graduação da UFU, envolvendo 181 alunos dos cursos de Biomedicina, Ciências Biológicas, Engenharia Biomédica, Medicina e Medicina Veterinária. Esta amostra corresponde à mais de 70% do total de estudantes dos três primeiros cursos; além de cerca de 8% do total de estudantes dos dois últimos cursos. 100% dos alunos possuem acesso a *Internet* seja em casa (80%), universidade (84%), *lanhouse* (12%) e trabalho (2%). O acesso a computadores pelos estudantes é de 88% em suas casas e 12% na Universidade. Para 61% dos estudantes é fácil utilizar a *Internet*. 80 alunos (44%) consideram a velocidade de conexão à *Internet* como de nível médio, durante sua utilização. Um dado interessante corresponde à frequência do uso do e-mail, onde apenas 40% dos alunos acessam suas caixas eletrônicas todos os dias, 35% dos entrevistados acessam de duas a três vezes semanais, 17% apenas uma vez por semana e 6% acessam apenas uma vez por mês seus correios eletrônicos. Este estudo também revelou particularidades associadas aos estudantes de cada curso.

Sendo assim, a disponibilização de sistemas didáticos via *Internet* em tempo real consiste em uma proposta promissora e de alto impacto junto à UFU, possibilitando o acesso tanto em casas, universidades ou em qualquer outro ambiente.

Em síntese, a análise da literatura e a pesquisa conduzida sobre a acessibilidade da *Internet* de estudantes de graduação da UFU evidenciam as seguintes dificuldades:

(D1) Baixo índice de instituições brasileiras credenciadas para administrar EAD utilizam material pedagógico informático (70%);

(D2) Falta de propostas estruturadas de metodologias de implementação e de testes abrangentes de sistemas EAD, ou de iniciativas pedagógicas que se valem da *Internet*. O tempo de avaliação é quase sempre curto (em média 2 meses) e consideram-se estudantes de graduação oriundos de uma única área do conhecimento, sendo que apenas aspectos pedagógicos são abordados.

(D3) Dificuldades logísticas com a atual abordagem de ensino de neuroanatomia, destacando-se a baixa quantidade de sistemas informáticos em língua portuguesa, além da desconexão dos conceitos anatômicos às patologias (apenas 45% dos sítios disponibilizam textos, dos quais apenas 38% realizam tal conexão).

(D4) Os principais fatores que inibem a utilização da *Internet* como ferramenta pedagógica, por parte dos estudantes de graduação da UFU, correspondem à infecção por vírus e à lentidão da conexão discada.

Com objetivo explícito de tentar sanar as dificuldades (D1)-(D4) acima expostas, esta tese de mestrado propôs um ambiente virtual, com objetivos pedagógicos interdisciplinares, focalizando duas grandes subáreas da Neurociência: Neuroanatomia e Biofísica Celular. Tal sistema é simples, exigindo configurações de *hardware/software* comuns, presentes em qualquer instituição de ensino federal brasileira.

Quanto à metodologia de ensino, três teorias foram usadas: Ausubel, Skinner e Piaget. A proposta didática base para a construção da multimídia de Biofísica e o Atlas de Neuroanatomia fundamentou-se na Teoria de aprendizagem de Ausubel, em orientação para a implementação de sistemas de hipermídia. Para uso da teoria de Skinner foi construído uma ferramenta denominada “Rota de Aprendizagem”, a qual consiste em programar um caminho sequencial para as tarefas do aluno. Já a teoria do Piaget foi usada em práticas *online*, no processo de aprendizagem mediante a participação do estudante na construção do próprio conhecimento.

O BioLabVirtual foi projetado através de uma arquitetura Cliente/Servidor, usando a linguagem livre PHP e banco de Dados MYSQL. Para a exposição do seu conteúdo, consideraram-se mapas conceituais, permitindo organizar o conhecimento, aumentando a eficiência do aprendizado. Para implementação do ambiente foi usado o *Software Dreamweaver CS3*. Já no desenvolvimento das multimídias, empregou-se o *Software da Macromedia Flash CS3*. Esta estratégia reduz a memória ocupada pelos programas, colaborando por aumentar a velocidade de conexão. Soluções de segurança foram

implementadas como a instalação de um antivírus integrado à plataforma, que verifica todo material postado por professores e alunos.

Em termos da avaliação do sistema, a metodologia principal se baseou no trabalho de (MACHADO, 2006), e foram utilizados três métodos.

1. **Observação direta:** auxilia a obtenção de informações sobre o comportamento dos estudantes durante a utilização do sistema, realizada apenas para multimídia de Biofísica;
2. **Questionários formais:** contém questões especialmente elaboradas como forma de se obter as opiniões dos estudantes sobre um conjunto de itens relativo ao sistema, em média 97% dos alunos respondeu aos questionários;
3. **Monitoramento automático:** São registradas pelo computador as interações realizadas pelo usuário com o *mouse* e o teclado, tais como pressionar um botão, abrir um janela e o tempo gasto em cada página;
4. **Teste envolvendo um período anterior e posterior:** avaliações realizadas em semestres diferentes como forma de obter dados comparativos.

Este conjunto de avaliações abordou tanto aspectos pedagógicos (eficiência de aprendizado e motivação para estudo) quanto informáticos, estes últimos em conformidade com as normas IEEE.

As avaliações referentes à multimídia de Biofísica foram realizadas durante o período Agosto/2006 – Julho/2007, com um total de 118 alunos dos cursos de Medicina, Medicina Veterinária e Ciências Biológicas, dos quais 96% em média responderam os questionários presenciais e, 70%, o questionário eletrônico. Na avaliação do Atlas Neuroanatômico, submeteu-se o questionário a 18 alunos do 2º período do curso de Engenharia Biomédica da disciplina de Anatomia Humana, e 95% dos estudantes responderam.

A avaliação da multimídia de Biofísica obteve os seguintes resultados:

1. O percentual de aprovação geral da proposta chegou à casa dos 90% no 1º semestre de 2007, tendo um aumento de quase 13% em relação ao 2º semestre de 2006;
2. Os alunos reforçaram a idéia que os recursos são melhor aproveitados quando há um professor para orientar as atividades e esclarecer dúvidas (opinião compartilhada por 82% dos estudantes);
3. Para os alunos, a multimídia de Biofísica apresenta um amplo conteúdo, de forma clara e objetiva, interligando os assuntos, de fácil utilização (97%). Além disso, este

recurso motiva os alunos, despertando seu interesse e melhorando sua concentração para 91% dos entrevistados. O tempo médio de utilização deste instrumento por parte dos estudantes foi monitorado remotamente e estimado como 25 minutos, concentrado no dia anterior à avaliação. Os professores que utilizaram o novo recurso também se manifestaram de forma altamente favorável.

Em resumo, a aplicação do Atlas de Neuroanatomia apresentou os resultados abaixo descritos.

1. Percentual médio de 60% de aprovação, 30% de indiferença e 11% de desaprovação. Estes últimos dados foram explicados pelas limitações da versão inicial do Atlas.
2. A presença de um docente em sala de aula é apoiada por 72% dos estudantes;
3. 89% dos entrevistados consideraram o Atlas de fácil utilização;
4. Quanto à motivação e melhoramento de concentração, 60% dos alunos apontaram respostas favoráveis.

As observações realizadas durante a aplicação dos *softwares* revelaram que, de modo geral, os programas alcançaram seus objetivos de tornar a aprendizagem do conteúdo de Biofísica e da Neuroanatomia mais motivadora e interessante, conseguindo gerar o engajamento dos estudantes na exploração do *software* e no esclarecimento de dúvidas.

Na avaliação da multimídia de Biofísica foram encontrados problemas como versão de *plugin* nas máquinas, velocidade da *Internet*, problemas com a rede de computadores e dificuldade de encontrar os *links* para acesso ao sistema. Quanto ao material de Neuroanatomia, destaca-se a falta de uma ferramenta de busca, erros gráficos, ausência de *links* para outros Atlas pré-existentes e necessidade de uma maior quantidade de textos.

As perspectivas de trabalhos futuros estão ligadas às questões abordadas no parágrafo anterior, bem como às dificuldades (D1)-(D4) acima discutidas.

1. Disponibilização de *plugins* pelo sistema e particionamento das multimídias em divisões mais leves, para serem carregadas por diferentes serviços de conexão;
2. Análise automática de perguntas discursivas para facilitar buscas e inclusão de *links* para outros sítios educacionais;
3. Avaliação envolvendo um período maior de testes e que atinja uma maior quantidade de alunos, tanto internos (UFU) como externos;

4. Tradução do sistema atual para o inglês e implementação de novas multimídias de ensino em diferentes temas.

Referências Bibliográficas

MACHADO, D. I. Construção de conceitos de Física moderna e sobre a natureza da Ciência com o suporte da Hipermídia. (Tese de Doutorado). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006. 300 p.

Anexos

ANEXO 1 – Estudo da acessibilidade da Internet

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Questionário sobre a Acessibilidade da *Internet*

Este questionário visa construir um estudo sobre a acessibilidade da Internet como instrumento de estudo nos cursos de Engenharia Biomédica, Medicina, Medicina Veterinária, Biomedicina e Ciências Biológicas. Sua colaboração é de suma importância para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado!

Para cada afirmação abaixo marque com “x” a opção que melhor se encaixe no seu perfil:

01) **Curso:** _____

02) **Sexo:** Masculino Feminino

03) **Idade:** _____

04) **Acesso ao Computador:** (Pode marcar mais de uma escolha)

Casa Universidade Trabalho

05) **Acesso a *Internet*:** (Pode marcar mais de uma escolha)

Casa Universidade Trabalho LanHouse

06) **Facilidade em usar a *Internet*:** (Marque apenas uma das escolhas)

Muito Fácil Razoavelmente Fácil Médio Não Muito Nada Fácil

07) **Tempo para acessar a *Internet*:** (Marque apenas uma das escolhas)

Muito rápido Razoavelmente rápido Médio Não muito Nada rápido

08) **Confiança nas informações obtidas na *Internet*:**

Muito confiante Razoavelmente confiante Médio Não muito Nada confiante

09) **Frequência do uso de *E-mail*:** (Marque apenas uma das escolhas)

Todos os dias 2-3 vezes/semana 1 Vez/semana 1 Vez/mês Nunca

10) **Desmotivação do uso da *Internet*:** (Pode marcar mais de uma escolha)

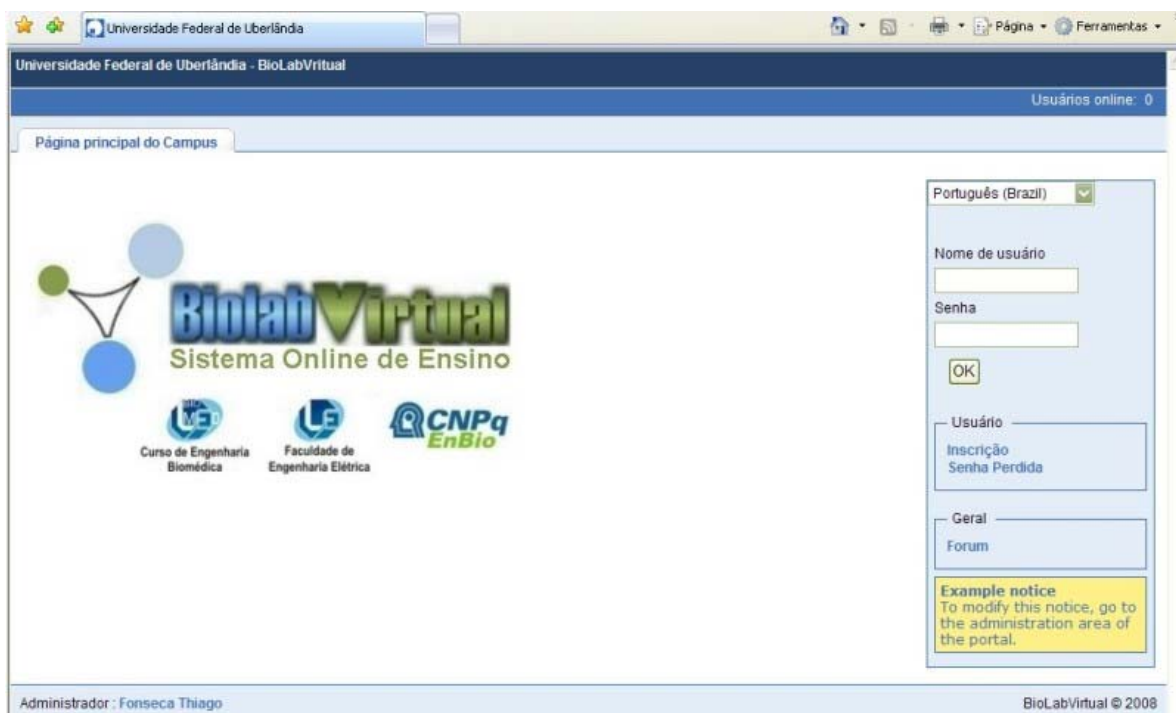
Vírus Custo Lentidão Qualidade Outro

ANEXO 2 – Manual do usuário do BioLabVirtual

Requisitos do Sistema

- Sistema Operacional Windows 98/ME/2000/XP/VISTA, mas poderá ser acessado também pelo LINUX;
- Processador de 500 MHz ou superior;
- 64 MB de memória RAM ou superior;
- Placa de vídeo de 8 MB ou superior;
- Monitor colorido de 16 ou 32 bits;
- DirectX 8.0 ou superior (Incluso no CD-ROM);
- Acesso a *Internet*, preferencialmente de banda larga;
- *Adobe Flash Player* versão 6.0 ou superior instalado;
- *Internet Explorer* ou outro navegador.

O BioLabVirtual é uma ferramenta de Ensino a distância (EAD), a qual permite ao usuário (aluno) interagir com o professor de várias maneiras. Para ter acesso ao sistema, o usuário deve digitar o nome e a senha nos campos que aparecem na tela inicial, canto direito. Vide Figura a baixo.



Cadastro de novos usuários

O usuário que não é cadastrado deverá efetuar o seu cadastro, clicando em “INSCRIÇÃO”. Vide ao lado os campos requeridos para a efetuação do cadastro. Após o cadastro, o usuário é levado à página abaixo. O aluno deve matricular-se ao curso desejado. Para isso ele digita no campo PROCURAR CURSOS, e assim que a consulta for realizada, basta clicar em “INSCRITO”, para que a matrícula se efetue naquele curso.

Página principal do Campus

Inscrição

* Sobrenome

* Nome

* E-mail

Código Oficial

* Nome de usuário

* Senha

* Confirmação

Idioma

Situação Acompanhar cursos
 Criar áreas de curso

* Campo obrigatório

Matricular-se em Cursos - Universidade Federal de Uberlândia - BioLabVirtual

Universidade Federal de Uberlândia - BioLabVirtual

Matricular-se em Cursos

Usuários online: 1

Página principal do Campus Minha lista de cursos Meu perfil Minha agenda Meu progresso Logout

Administração de Cursos > Matricular-se em Cursos

Ordenar meus cursos Criar uma categoria de curso Matricular-se em Cursos

Categoria de Curso

- Language skills (2)
- PC Skills
- Projects

Cursos nessa categoria

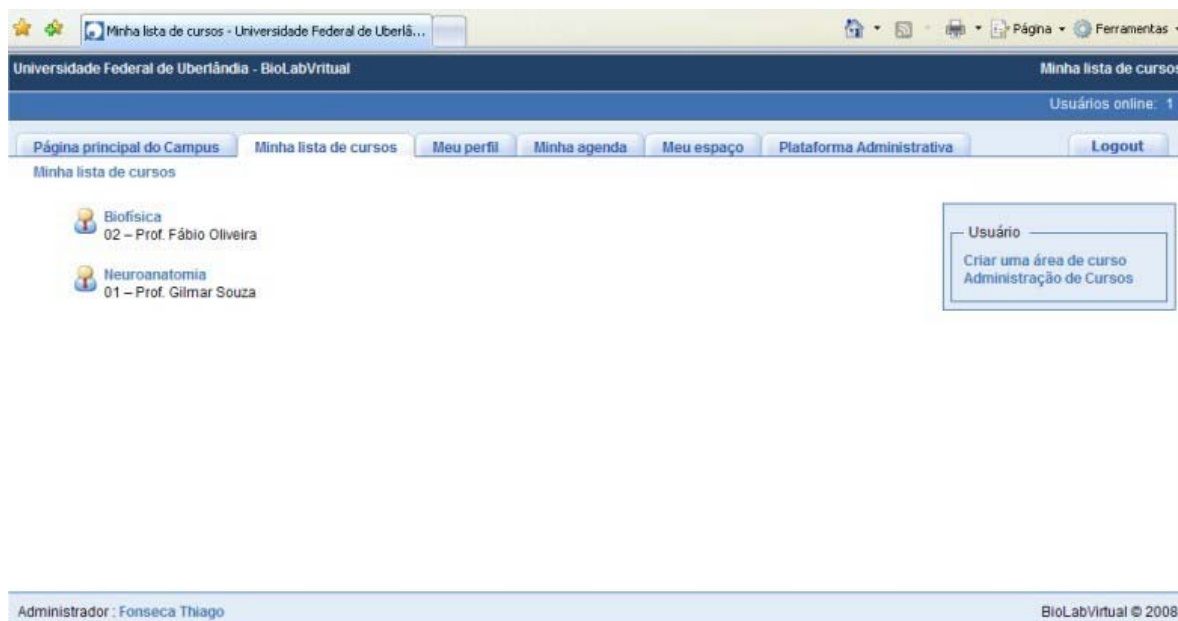
Procurar Cursos

Administrador : Fonseca Thiago

BioLabVirtual © 2008

Utilizando o BioLabVirtual

Após a autenticação de um usuário, é exibida a seguinte tela.



1. **Perfil:** permite modificar o perfil do usuário (Nome, sobrenome, senha e e-mail)
2. **Agenda Pessoal:** permite o cadastro de compromissos pessoais e eventos.
3. **Andamento do curso:** estatística geral do andamento do usuário nos cursos matriculados pelo aluno.
4. **Logout:** o usuário se desconecta do sistema;
5. **Lista de cursos:** Clicando no curso “BIOFÍSICA” por exemplo, tem-se a seguinte tela:

Acessando as disciplinas

Para acessar as disciplinas, basta o usuário clicar na disciplina desejada do menu “Minha lista de cursos”. Ao acessar uma disciplina, o usuário encontra uma série de opções. Opções diferentes são oferecidas ao professor e ao estudante.

a) Como Professor:

The screenshot shows the 'Biofísica' course page from the perspective of a professor. At the top, there are navigation tabs: 'Página principal do Campus', 'Minha lista de cursos', 'Meu perfil', 'Minha agenda', 'Meu espaço', 'Plataforma Administrativa', and 'Logout'. Below the tabs, the course title 'Biofísica' is displayed with a cartoon rabbit logo. The main content area is divided into three sections:

- Autoria:**
 - Descrição do Curso
 - Rota de Aprendizagem
 - Testes
 - Documentos
 - Links
 - Multimídia de Biofísica
- Interação:**
 - Agenda
 - Fóruns
 - Usuário
 - Chat
 - Anúncios
 - Caixa de entrega
 - Grupo
 - Publicações de Estudantes
- Administração:**
 - Gestão dos blogs
 - Configurações do curso
 - Administrar Curso
 - Acompanhamento
 - Questionários

At the bottom, it shows 'Administrador: Fonseca Thiago' and 'BioLabVirtual © 2008'.

b) Visão do Estudante:

The screenshot shows the 'Biofísica' course page from the perspective of a student. At the top, there are navigation tabs: 'Página principal do Campus', 'Minha lista de cursos', 'Meu perfil', 'Minha agenda', 'Meu espaço', 'Plataforma Administrativa', and 'Logout'. Below the tabs, the course title 'Biofísica' is displayed with a cartoon rabbit logo. The main content area contains a single section with the following options:

- Descrição do Curso
- Documentos
- Links
- Fóruns
- Usuário
- Publicações de Estudantes
- Agenda
- Rota de Aprendizagem
- Anúncios
- Caixa de entrega
- Chat
- Multimídia de Biofísica

At the bottom, it shows 'Administrador: Fonseca Thiago' and 'BioLabVirtual © 2008'.

Recursos disponíveis nos cursos:

1. **Agenda** – Ferramenta para o aluno consultar compromissos agendados pelos professores. Vide abaixo.

Minha agenda - Universidade Federal de Uberlândia

Universidade Federal de Uberlândia - BioLabVirtual

Minha agenda

Usuários online: 1

Página principal do Campus Minha lista de cursos Meu perfil Minha agenda Meu espaço Plataforma Administrativa Logout

Minha agenda

« Abril 2008 »

Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Visualizar Mês
Visualizar Semana
Visualizar Dia
Adicionar item personalizado
Visualizar itens pessoais

«	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom	»
		1	2	3	4	5	6	
7		8	9	10	11	12	13	
14		15	16	17	18	19	20	
21		22	23	24 - hoje	25	26	27	
28		29	30 15:36 PROVA DE BIOFISICA					

Administrador: Fonseca Thiago

BioLabVirtual © 2008

2. **Fóruns** – recurso que permite debate entre os alunos sobre determinado tema definido pelo professor;
3. **Anúncios** – ferramenta que permite deixar uma mensagem para todos os usuários que acessarem essa área. Há também a opção de enviar, via e-mail, a mensagem a todos cadastrados na disciplina.

http://127.0.0.1/ead/main/announcements/announcements.php?publish_survey=8&id=18&db_name=8&idReq=02&action=mc

Comunicados - 02 - Universidade Federal de Uberlândia

Universidade Federal de Uberlândia - BioLabVirtual

Biofísica 02 - Prof. Fábio Oliveira

Usuários online: 1 (1 Neste curso) Visão do Estudante

Página principal do Campus Minha lista de cursos Meu perfil Minha agenda Meu espaço Plataforma Administrativa Logout

Biofísica > Comunicados

Adicionar comunicado

AVISO PROVA DIA 30 DE MAIO

A lista de comunicados foi modificada

AVISO PROVA DIA 30 DE MAIO Enviar para: Todo mundo Por: Fonseca Thiago

Publicado em: Terça 22 Abril, 2008

Atenção alunos, a prova mudou para o dia 30 de Maio.

Enviar para: Todo mundo Por: Fonseca Thiago

4. **Documentos:** Esta ferramenta permite aos alunos terem acesso aos documentos fornecidos pelo professor.

Universidade Federal de Uberlândia - BioLabVirtual

Biofísica 02 - Prof. Fábio Oliveira

Usuários online: 1 (1 Neste curso) | Visão do Estudante

Página principal do Campus Minha lista de cursos Meu perfil Minha agenda Meu espaço Plataforma Administrativa Logout

Biofísica > Documentos

Documento deletado

Diretório atual: root

1 - 4 / 4 1 / 1

	Tipo	Nome	Tamanho	Data	
<input type="checkbox"/>	Áudio	144.39k	22.04.2008		
<input type="checkbox"/>	Flash	134.49k	22.04.2008		
<input type="checkbox"/>	Imagens	3.56M	22.04.2008		
<input type="checkbox"/>	Vídeo	1.04M	22.04.2008		

marcar todos - desmarcar todos Deletar OK 1 / 1

Exibir quota do curso

Administrador: Fonseca Thiago BioLabVirtual © 200

5. **Usuários:** informações mais detalhadas sobre os componentes;

Universidade Federal de Uberlândia - BioLabVirtual

Biofísica 02 - Prof. Fábio Oliveira

Usuários online: 1 (1 Neste curso) | Visão do Professor

Página Principal do Campus Minha lista de cursos Meu perfil Minha agenda Meu espaço Plataforma Administrativa Logout

Biofísica > usuários

Procurar

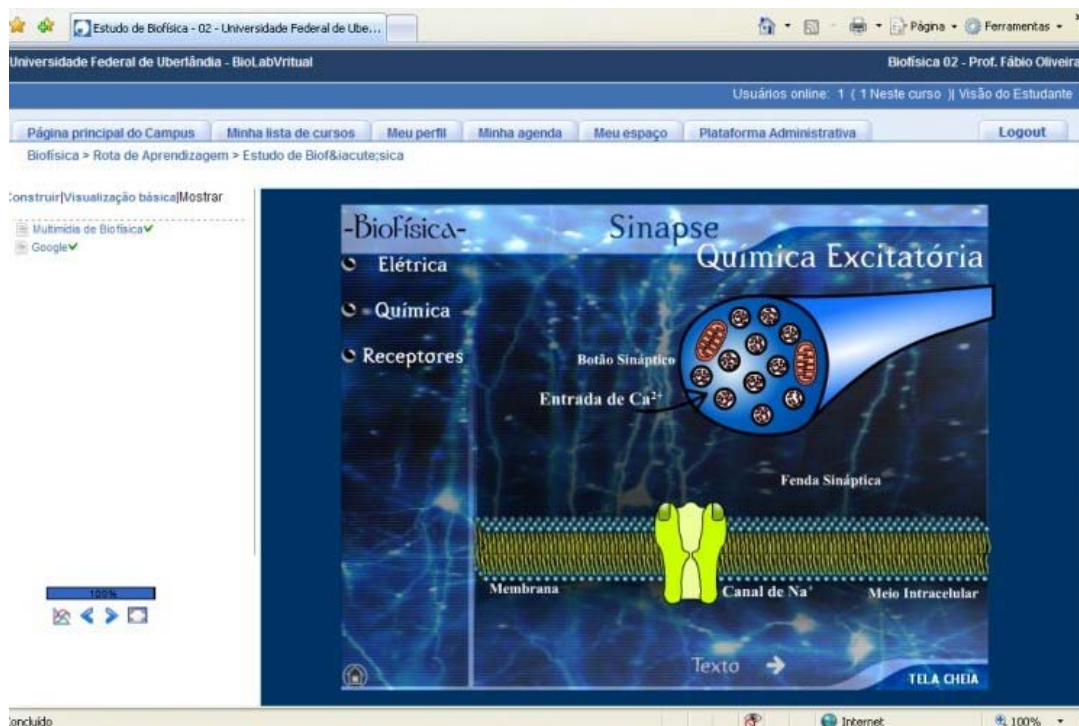
1 - 2 / 2 1 / 1

Código Oficial	Sobrenome	Nome	Descrição	Grupo	
ADMIN	Fonseca	Thiago	-	-	
1	rezende	aline	-	-	

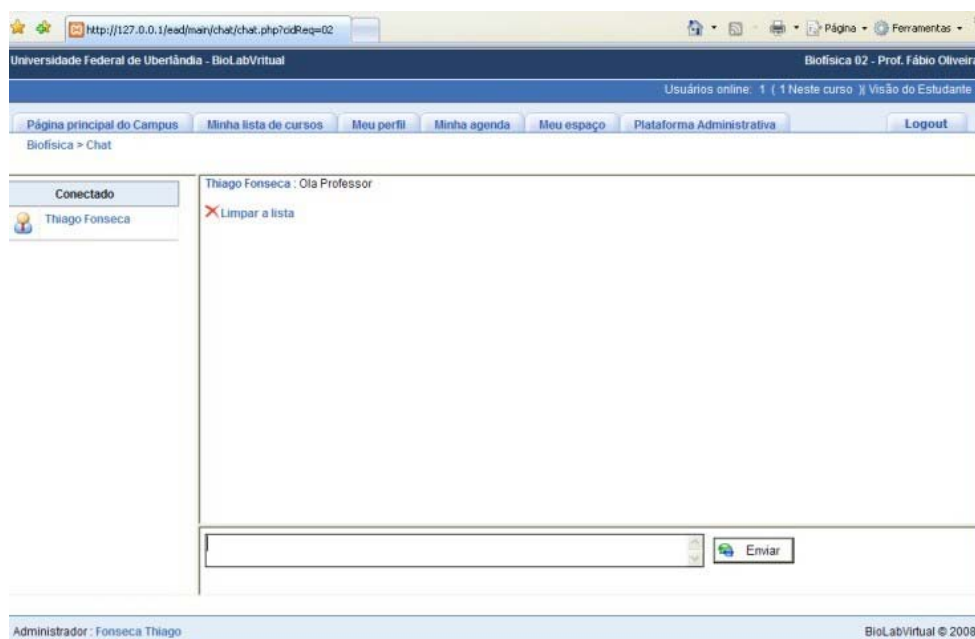
1 / 1

6. **Descrição do curso:** descrição do professor para a sua disciplina.
7. **Links:** endereços relacionados com assuntos da disciplina.
8. **Publicação de estudantes:** Esta página permite ao estudante enviar documentos para a disciplina. Envie arquivos HTML apenas se eles não contiverem imagens.

9. **Rota de aprendizagem:** caminho criado pelo professor para acompanhamento das atividades do aluno. Este recurso é muito interessante para atividades sequenciais.

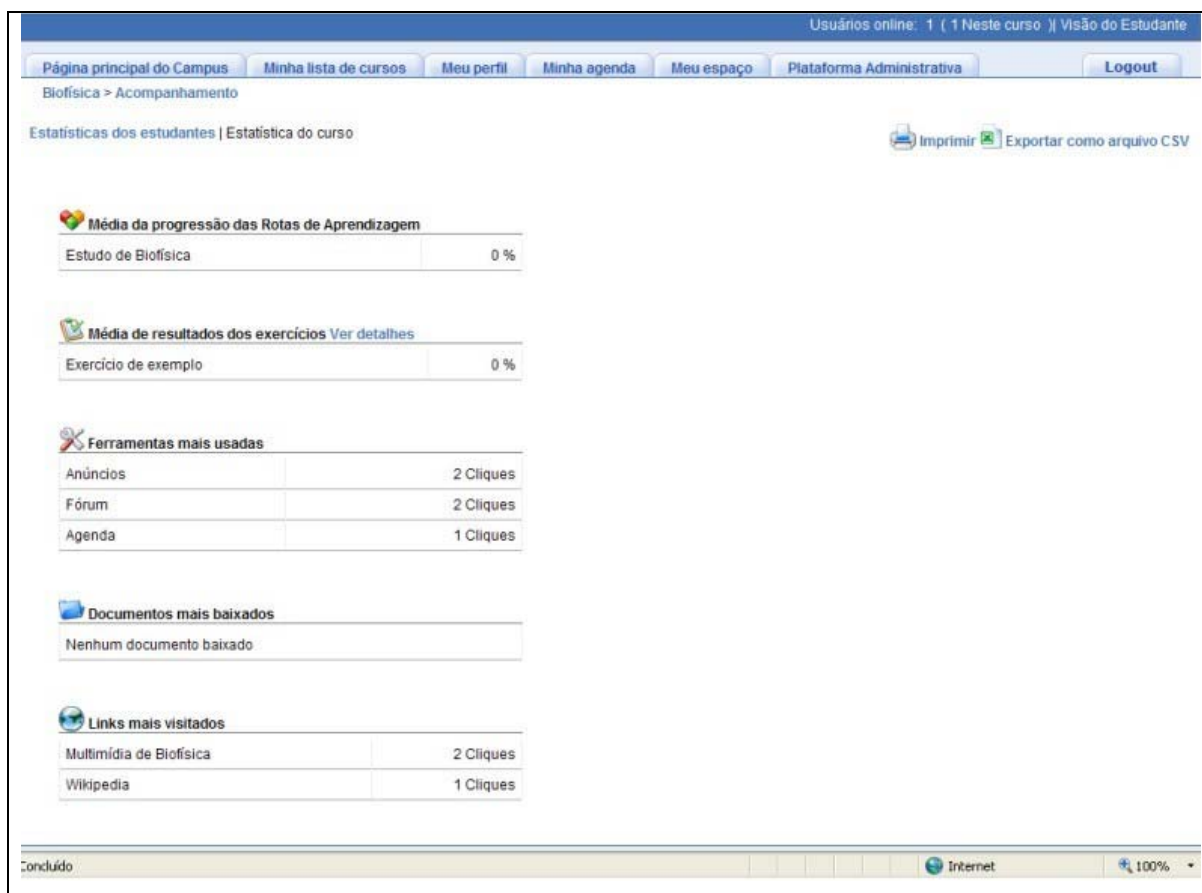


10. **Chat:** conversação em tempo real entre aluno e professor.



Obs. Nem sempre todos os recursos estarão disponíveis ao usuário. Cabe ao professor decidir ativar ou desativar as opções. A navegação no sistema é muito fácil, semelhante à navegação em uma página na *Internet*.

11. Acompanhamento: Estatística geral de monitoramento automático do aluno, durante sua interação com o sistema.



The screenshot displays a student dashboard for the course 'Biofísica'. At the top, it shows 'Usuários online: 1 (1 Neste curso) | Visão do Estudante'. The navigation menu includes 'Página principal do Campus', 'Minha lista de cursos', 'Meu perfil', 'Minha agenda', 'Meu espaço', 'Plataforma Administrativa', and 'Logout'. The main content area is titled 'Biofísica > Acompanhamento' and 'Estatísticas dos estudantes | Estatística do curso'. It features several sections: 'Média da progressão das Rotas de Aprendizagem' with a table showing 'Estudo de Biofísica' at 0%; 'Média de resultados dos exercícios' with a table showing 'Exercício de exemplo' at 0%; 'Ferramentas mais usadas' with a table listing 'Anúncios' (2 Cliques), 'Fórum' (2 Cliques), and 'Agenda' (1 Cliques); 'Documentos mais baixados' showing 'Nenhum documento baixado'; and 'Links mais visitados' with a table listing 'Multimídia de Biofísica' (2 Cliques) and 'Wikipedia' (1 Cliques). The bottom of the page shows a 'Concluído' status bar, a browser window titled 'Internet', and a zoom level of 100%.

Usuários online: 1 (1 Neste curso) | Visão do Estudante

Página principal do Campus Minha lista de cursos Meu perfil Minha agenda Meu espaço Plataforma Administrativa Logout

Biofísica > Acompanhamento

Estatísticas dos estudantes | Estatística do curso

Imprimir Exportar como arquivo CSV

Média da progressão das Rotas de Aprendizagem

Estudo de Biofísica	0 %
---------------------	-----

Média de resultados dos exercícios [Ver detalhes](#)

Exercício de exemplo	0 %
----------------------	-----

Ferramentas mais usadas

Anúncios	2 Cliques
Fórum	2 Cliques
Agenda	1 Cliques

Documentos mais baixados

Nenhum documento baixado

Links mais visitados

Multimídia de Biofísica	2 Cliques
Wikipedia	1 Cliques

Concluído Internet 100%

ANEXO 3 – Manual do usuário da Multimídia

Requisitos do Sistema

- Sistema Operacional Windows 98/ME/2000/XP/VISTA, mas poderá ser acessado também pelo LINUX;
- Processador de 500 MHz ou superior;
- 64 MB de memória RAM ou superior;
- Placa de vídeo de 8 MB ou superior;
- Monitor colorido de 16 ou 32 bits;
- DirectX 8.0 ou superior (Incluso no CD-ROM);
- Acesso a *Internet*, preferencialmente de banda larga;
- *Adobe Flash Player* versão 6.0 ou superior instalado;
- *Internet Explorer* ou outro navegador.

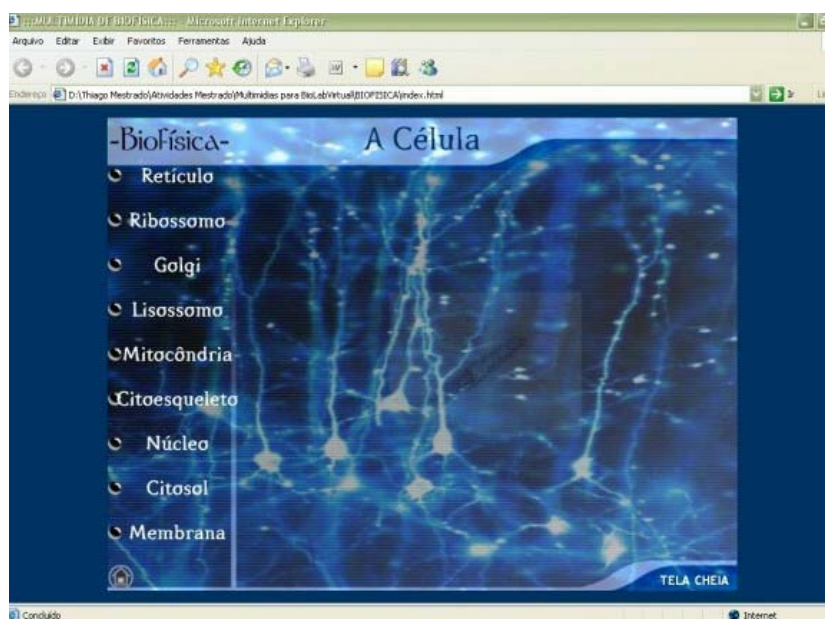
É importante lembrar que se o computador a ser utilizado não possuir os requisitos mencionados acima poderá haver problemas de velocidade nas animações da multimídia.

Este manual poderá ser obtido para usuários do BioLabVirtual com o nome de “MANUAL DO USUÁRIO” em formato PDF. Para abri-lo é necessário ter instalado o programa *Adobe Acrobat Reader* versão 4.0 ou superior.

Demais programas necessários para a utilização das animações encontram-se na sessão de *downloads*.

Manual da Multimídia de Biofísica

A multimídia se inicia como uma página comum da *Internet*. Na parte inferior direita encontra-se um botão “TELA CHEIA”, para que o aplicativo torne-se do tamanho da tela do computador usado. Para retornar ao estado inicial, basta dar um clique no botão “NORMAL”, situado no canto inferior direito.



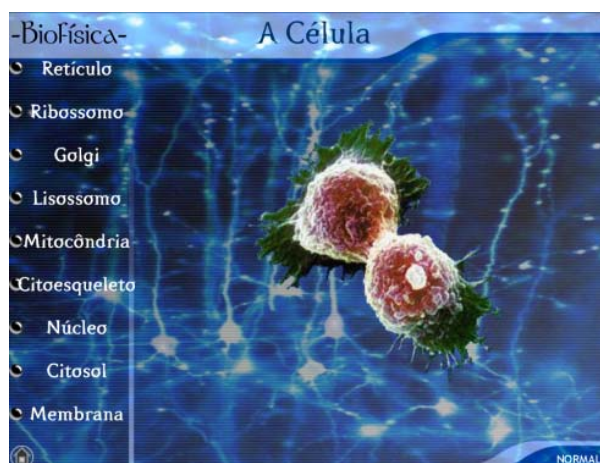
Parte 1 - A Célula

Na primeira parte da multimídia, no centro da tela aparecerá uma pequena demonstração de imagens de algumas células. Na porção esquerda da tela há um menu com nove itens. Sempre o último item leva a uma outra parte do *software*.

Os dizeres colocados na parte superior central da tela mostram em qual parte

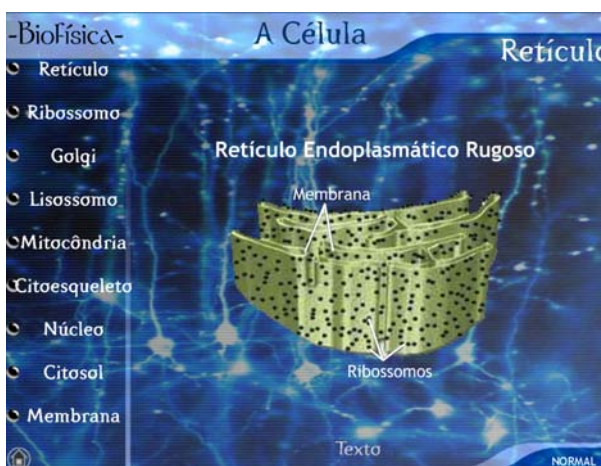
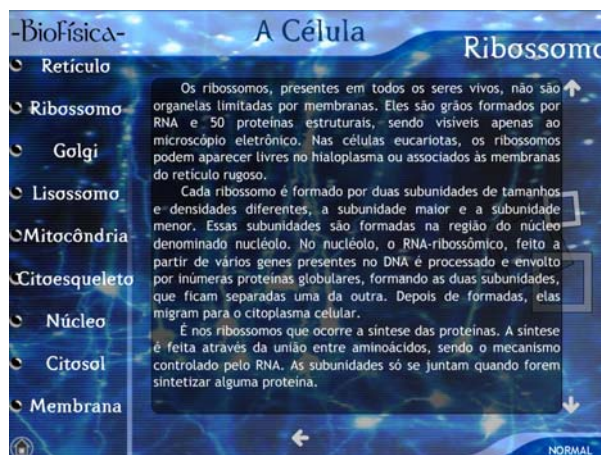
do *software* a animação se encontra. O botão “HOME” (formato de uma casa no canto esquerdo inferior) retorna ao início de cada parte ou retrocede uma parte, por exemplo, se você estiver na Parte 3 e clicar sobre o botão “HOME”, retornará para a Parte 2.

Cada botão do menu (exceto o último) mostrará cenas ou animações dos assuntos referentes



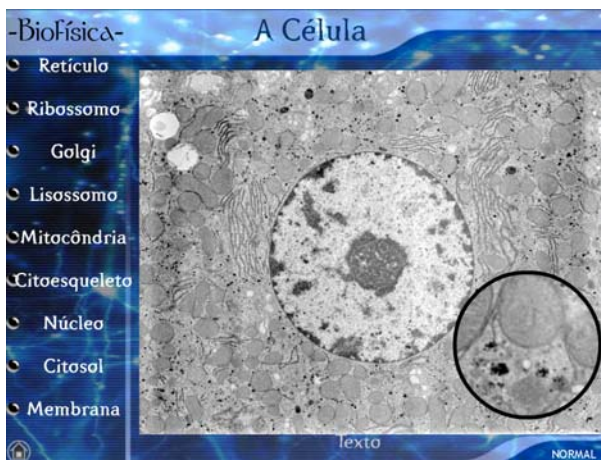
à parte “CÉLULA”. Para acessar essas cenas ou animações basta clicar em um item. Ao clicar, aparecerá uma nova tela com as cenas ou animações do respectivo item.

Os botões “Retículo, Ribossomo, Golgi, Lisossomo, Mitocôndria, Citoesqueleto e Núcleo” irão acessar telas com as respectivas imagens de suas organelas ou estruturas. Em cada uma dessas telas aparecerá um botão “Texto” na parte central inferior. Ao clicar nesse botão, a multimídia carregará um texto sobre as principais funções e importâncias da respectiva organela. As setas do lado direito do campo do texto servem para “rolar” o texto para cima ou para baixo. Caso o texto for grande, basta deixar o cursor do *mouse* sobre essas setas para que o texto role para cima ou para baixo a fim de mostrá-lo todo. Para voltar para



à tela anterior aquela da cena ou animação, basta clicar num botão em forma de seta, voltada para a esquerda, que se encontra na parte inferior da tela.

O botão “Citosol” mostrará uma tela onde se encontra uma micrografia eletrônica de uma célula animal qualquer. Nota-se na imagem o núcleo e nucléolo celular, como também diversas outras estruturas e organelas. Nessa tela, ao passar o cursor do *mouse* sobre a imagem, o círculo preto funcionará como uma lente, ampliando



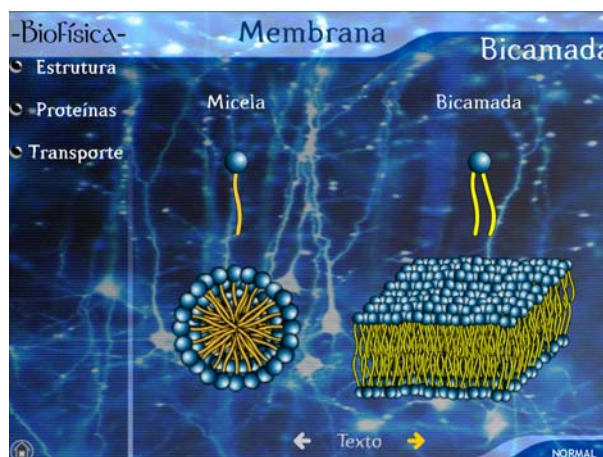
a imagem para melhor ver os detalhes das organelas e outras estruturas contidas no Citosol.

Ao clicar no último botão, “Membrana”, o *software* irá para a segunda parte.

Parte 2 - Membrana

A segunda parte contém três itens no menu da esquerda, “Estrutura, Proteínas e Transporte”. Para voltar para a primeira parte, “A Célula”, clique no botão “Home” que se localiza no canto esquerdo inferior da tela.

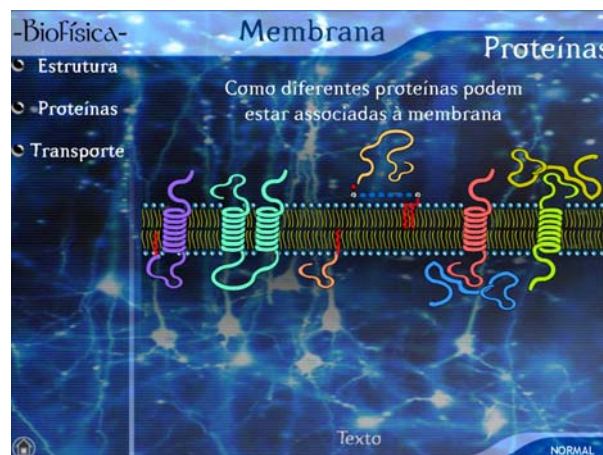
Ao clicar em “Estrutura” você entrará na parte onde estarão ilustrações sobre os componentes estruturais das membranas biológicas. Para avançar para a próxima tela, ainda dentro do tópico “Estrutura”, clique no botão em forma de seta voltada para a direita, localizado na parte inferior da tela. Ao fazer isso,



aparecerá um modelo esquemático tridimensional de um fosfolipídio. Na parte inferior aparecerão setas voltadas para a esquerda e para a direita, como também o botão “Texto”.

Nessas telas as setas viradas para a direita levam-no para a próxima tela dentro do tópico selecionado. As setas voltadas para a esquerda retrocedem uma tela dentro do tópico. Os botões “Texto” o levarão para uma tela onde o *software* carregará um texto sobre o subtítulo do item selecionado. Para sair, basta clicar na seta voltada para a esquerda, a fim de retroceder uma tela. Para avançar, clique na seta virada para a direita.

Ao clicar em “Proteínas” surgirá um esquema bidimensional e estático de uma bicamada lipídica com algumas proteínas. Para ler uma breve explicação sobre como essas proteínas podem estar inseridas na membrana, deixe o cursor do *mouse* sobre uma delas a fim de mostrar um pequeno texto explicativo. Para ler um texto

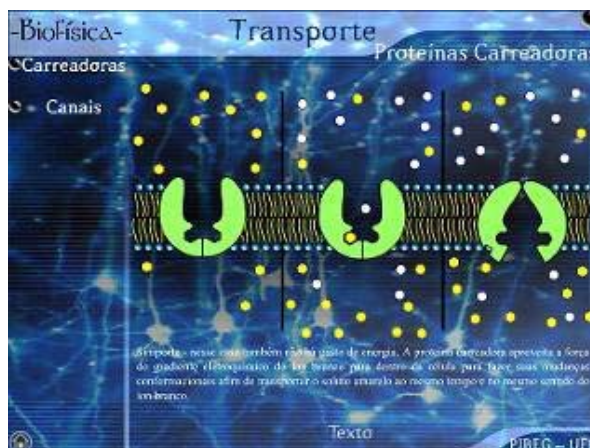


mais completo sobre as proteínas de membrana clique no botão “Texto” na parte inferior.

Parte 3 – Transporte

Ao clicar no último item da parte 2, aparecerão os itens da terceira parte, “Transporte” que inclui apenas dois itens, “Carreadoras” e “Canais”.

Ao clicar em “Carreadoras”, aparecerá uma tela com um esquema de membrana, como também algumas proteínas inseridas nela. De um lado e de outro da membrana estarão dois tipos de solutos, o “amarelo” e o “branco”. Essa membrana é dividida em três partes. Ao deixar o cursor do *mouse* sobre a primeira parte



automaticamente surgirá um pequeno texto na parte inferior, propiciando uma breve explicação sobre a atividade daquele tipo de proteína carreadora ilustrada. As outras duas partes também funcionam da mesma forma. Para um texto mais abrangente sobre o tema de proteínas carreadoras basta clicar no botão “Texto”, que se encontra na parte inferior da tela. Uma vez dentro da tela que contém o texto mais abrangente, para voltar à tela das proteínas carreadoras, basta clicar na seta voltada para a esquerda.

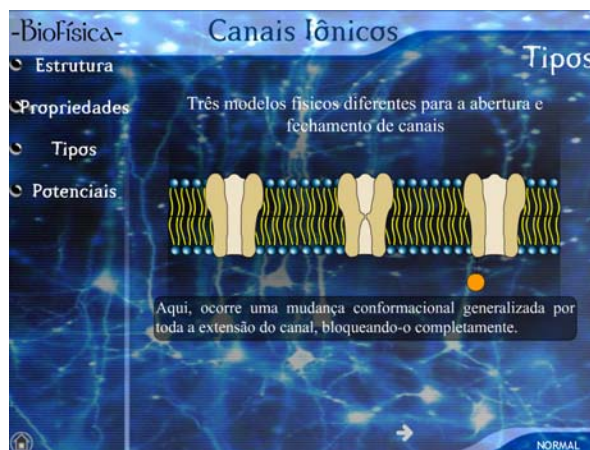
O outro item do menu, “Canais”, também faz parte do assunto de transporte através da membrana, mas há uma parte em separado para esse item.

Parte 4 – Canais

Ao clicar no item “Canais” aparecerá a tela referente à quarta parte da multimídia, a qual contém mais quatro itens, “Estrutura, Propriedades, Tipos e Potenciais”. Clicando em “Estrutura”, a parte central da tela mostrará dois modelos esquemáticos de canais iônicos, ao deixar o cursor do *mouse* sobre cada um desses esquemas, surgirá um pequeno texto explicativo, identificando algumas estruturas dos canais iônicos. Para um texto mais abrangente sobre a estrutura de um canal iônico basta clicar no botão “Texto” na parte inferior.

Clicando em “Propriedades” surgirá uma tela sem esquemas ou animações, a qual contém um texto sobre as principais propriedades de qualquer canal iônico.

Ao clicar em “Tipos” surgirá uma tela com um esquema de membrana e três canais iônicos. A primeira parte do item refere-se a modelos diferentes para abertura ou fechamento de canais. Ao deixar o *mouse* sobre qualquer um dos canais, aparecerá um pequeno texto explicativo sobre como esses canais



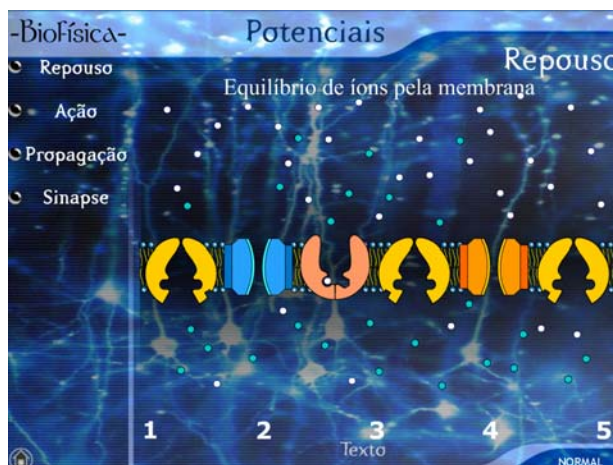
estão sendo fechados ou abertos. Automaticamente, ao deixar o *mouse* sobre um dos canais, também será ativada uma pequena animação mostrando os canais se abrindo e fechando. Para acessar a segunda parte do item “Tipos” basta clicar na seta direcionada para a direita. A segunda parte do item refere-se a como os canais podem ser ativados. Nessa parte também há três canais inseridos no modelo de membrana. Da mesma forma, deixando o cursor do *mouse* sobre um dos três canais, será ativada uma pequena animação referente à cada canal e também será mostrado um breve texto sobre como cada canal pode ser ativado.

A terceira parte do item “Tipos” também contém três canais iônicos, discutindo como estes podem ser inativos, ou seja, incapazes de responder momentaneamente a estímulos para abrir ou fechar seus poros. Da mesma forma, ao deixar o cursor do *mouse* sobre cada um dos canais será ativada uma pequena animação mostrando como cada canal será inativado. Somente nessa última tela do item “Tipos” aparece o botão “Texto”, e ao clicar nele surgirá um texto explicando brevemente os diversos tipos de canais iônicos.

Parte 5 - Potenciais

Ao clicar no último item da quarta parte, surgirá a tela com os novos itens referentes à quinta parte, “Potenciais”. Essa parte contém mais quatro itens no menu à esquerda da tela, “Repouso, Ação, Propagação e Sinapse”.

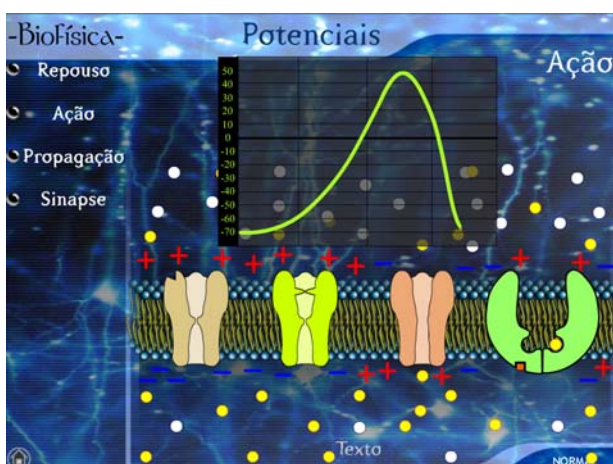
Ao clicar no item “Repouso” surgirá uma tela com um esquema de membrana e várias proteínas, tanto carreadoras quanto canais inseridos na membrana, como também os números de 1 a 5 na parte inferior, logo acima do botão “Texto”. Ao deixar o *mouse* sobre o número 1 aparecerá um texto



explicando brevemente a animação que o botão “1” ativa. Para ativar a animação referente ao texto, clique no botão “1” e mantenha o cursor do *mouse* sobre esse número.

Faça o mesmo com os números 2 a 4, e se deixar o cursor do *mouse* sobre o número, exibe-se um pequeno texto. Ao clicar no número referente, ativa-se uma pequena animação. O número 5 é finalmente o botão que ativa a animação geral da membrana em “repouso”.

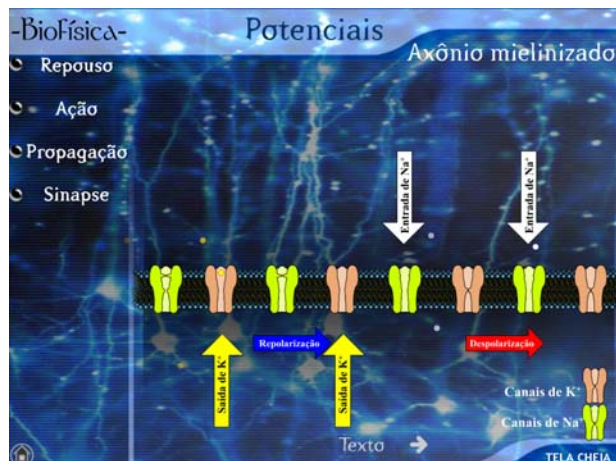
Ao clicar no item “Ação” surgirá um esquema de membrana com alguns canais iônicos e também mostrando as cargas resultantes na membrana, devido o movimento das mesmas no potencial de repouso. Também está ilustrado um esquema de um neurônio e em destaque no neurônio as regiões onde ocorre o



processo ilustrado nessa etapa. Assim que o cursor estiver acima das figuras surgirá um pequeno texto explicando brevemente cada item ali ilustrado. Ao clicar sobre qualquer parte da ilustração será ativada a animação do potencial de ação. Aparecerão então os solutos na parte superior e inferior da membrana como também um pequeno gráfico ilustrando o potencial da membrana a cada momento da animação.

Para que a animação continue é preciso manter o cursor do *mouse* sobre alguma parte da cena mostrada. Para acessar um texto mais explicativo sobre como é gerado um potencial de ação, basta clicar no botão “Texto”.

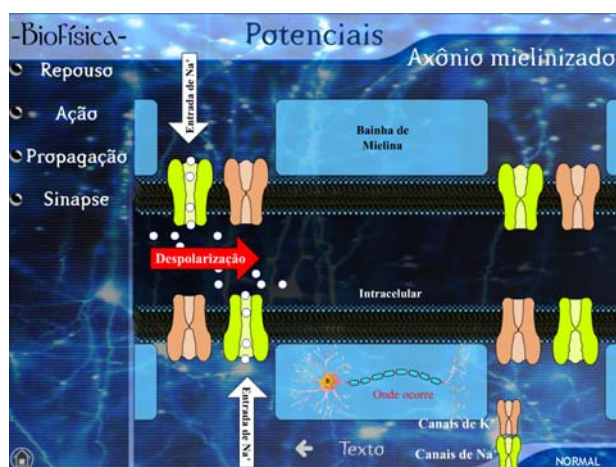
Ao clicar no item “Propagação” será mostrada a primeira parte do item, a “Propagação do Potencial de Ação num Axônio Desmielinizado”. Nessa primeira cena aparecerá uma membrana com vários canais inseridos e também na parte superior da tela um esquema de um neurônio mostrando onde ocorre o processo que será mostrado na seqüência.



Para ativar a animação da propagação do potencial de ação em axônio desmielinizado, basta clicar sobre a membrana e ver a animação.

Nesse caso não é preciso manter o cursor do *mouse* sobre a animação para que ela possa continuar. Para ler um texto explicativo sobre a esse tipo de propagação do potencial de ação, basta clicar no botão “Texto” na parte inferior da tela. Uma vez dentro da tela que contém o texto, para voltar para à cena da animação, clique na seta voltada para a esquerda.

Para acessar a segunda parte clique na seta que está à direita do botão “Texto”, na tela da primeira parte do item “Propagação”. A segunda parte refere-se à “Propagação do Potencial de Ação num Axônio Mielinizado”. Nessa segunda tela está uma ilustração mostrando um axônio com bainha de mielina e dois nós de Ranvier com alguns canais iônicos.



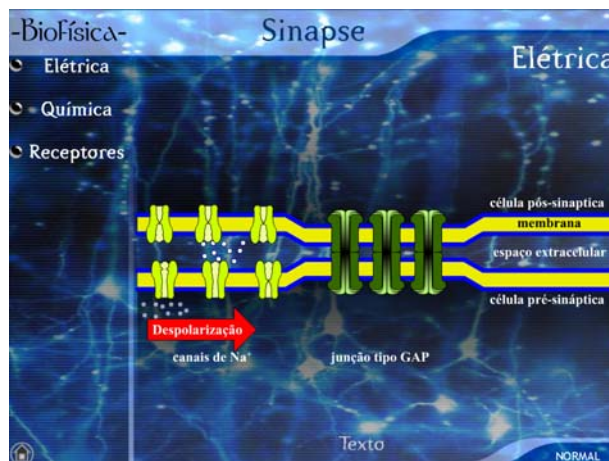
Na parte de baixo da tela encontra-se o esquema do neurônio indicando onde ocorre o processo que será ilustrado a seguir. Para ativar a animação, basta clicar sobre qualquer parte desta última. Nesse caso não é necessário que o cursor do *mouse* permaneça sobre a animação para que essa continue. Para acessar um texto explicativo sobre esse processo de propagação, clique no botão “Texto” na parte inferior da tela. Uma vez dentro da tela que contém o texto, para voltar para à cena da animação, clique na seta voltada para a esquerda.

Ao clicar no último botão, “Sinapse”, o *software* irá para a sexta parte.

Parte 6 - Sinapse

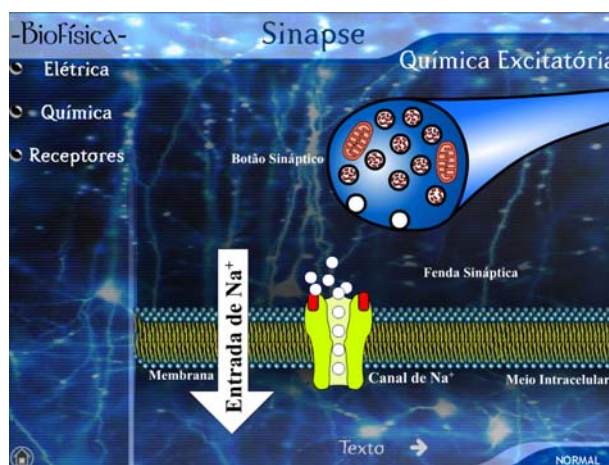
Nessa última parte do *software* de animação existem mais quatro itens no menu, “Elétrica, Química, Receptores e Animação Geral”.

Ao clicar no item “Elétrica” surgirá na tela um esquema onde aparecem duas membranas de duas células distintas que são unidas por uma junção tipo GAP. Aparecem também alguns canais iônicos de sódio. Para ativar a animação basta clicar sobre qualquer parte da figura.



Também nesse caso não é preciso deixar o cursor do *mouse* sobre a figura para manter a animação ativa. Para ler um texto explicativo sobre esse tipo de sinapse basta clicar no botão “Texto” na parte inferior da tela.

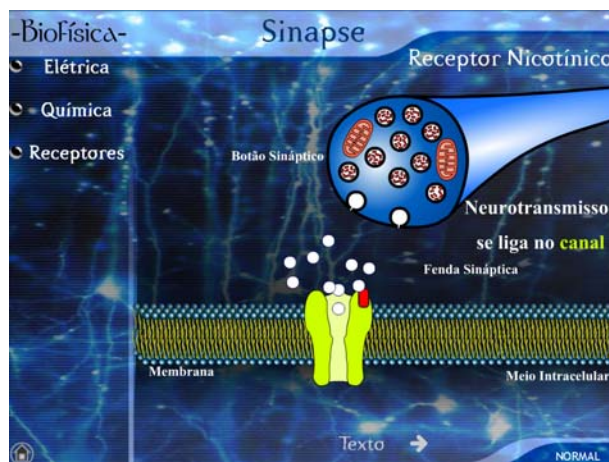
Ao clicar no item “Química” surgirá um esquema de uma sinapse química onde estarão presentes as estruturas do botão sináptico, a fenda sináptica, a membrana da célula pos sináptica, os respectivos canais dessa membrana entre outros elementos. Essa primeira parte do item mostra uma “Sinapse Química Excitatória”.



Para ativar a animação referente a essa parte do item, clique sobre qualquer parte da ilustração. Para ler um texto sobre a sinapse química excitatória clique no botão “Texto”. Uma vez dentro da parte que mostra o texto, para voltar à animação, clique na seta voltada para a esquerda. Para mostrar a segunda parte do item, clique na seta voltada para a direita. Fazendo isso, mostra-se um mesmo esquema de sinapse, porém uma “Sinapse Química Inibitória”. Do mesmo modo, para ativar a animação, basta clicar sobre qualquer parte da ilustração. Também há um texto sobre esse tipo de sinapse inibitória, para lê-lo clique no botão “Texto” na parte

inferior da tela.

Ao clicar no item “Receptores” será mostrada a tela da primeira parte desse item, “Receptor Nicotínico”. Para ativar a animação clique em qualquer área da imagem. Para ler o texto referente aos receptores nicotínicos basta clicar no botão “Texto” na parte inferior da tela.



Para avançar para a segunda parte do item “Receptores”, basta clicar na seta voltada para a direita. Ao acessar, na segunda tela será exibida a imagem referente ao subtítulo “Receptor Muscarínico”. Para ativar a animação dessa segunda parte clique sobre qualquer ponto da ilustração. Para ler o texto sobre receptores muscarínicos, clique no botão “Texto” na parte inferior da tela.

Para voltar para partes anteriores basta clicar no botão ‘Home’ no canto inferior esquerdo. Para desativar a função Tela Inteira, basta clicar no botão “NORMAL”, no canto inferior direito.

Também encontra-se disponibilizado na multimídia um mapa teórico com os principais eventos bioquímicos e fisiológicos da neurotransmissão. Esse mapa teórico detalha e ilustra as seguintes etapas:

- Síntese e Diversidade de Neurotransmissores;
- Citoesqueleto, Motores Moleculares e Transporte de Vesículas de Neurotransmissores;
- Estrutura das Membranas Biológicas;
- Canais Iônicos;
- Peculiaridades da Estrutura de Membrana do Axônio, Botão Sináptico e da Membrana Pós Sináptica;
- Eletrofisiologia Neural;
- Potencial de Repouso e de Ação;
- Sinapses Elétricas, Químicas e Tipos de Respostas Pós Sinápticas.

ANEXO 4 – Questionário de Opinião dos Estudantes

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO DOS ESTUDANTES SOBRE O USO DO SOFTWARE NA DISCIPLINA DE BIOFÍSICA (ANTERIOR À AVALIAÇÃO)

Este questionário visa avaliar a importância do uso da multimídia de Neurotransmissão nas aulas de Biofísica, sendo um instrumento para coleta de dados para uma Tese de Mestrado do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia. Sua colaboração é de suma importância para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado!

Para cada afirmação abaixo marque com “x” a opção que melhor demonstre sua opinião:

		Concordo	Sou Indiferente	Não Concordo
01	O sistema BioLabVirtual possui uma interface fácil para o acesso aos recursos disponibilizados.			
02	Usar o sistema de Biofísica via <i>Internet</i> é melhor do que utilizá-lo de forma <i>offline</i> .			
03	É difícil encontrar os <i>links</i> para que eu acesse o Sistema de Biofísica.			
04	Os <i>links</i> disponibilizados de forma seqüencial me ajudam na busca de informação.			
05	O excesso de informação faz com que eu me perca.			
06	O conteúdo disponibilizado no sistema vai me ajudar no estudo para avaliação da disciplina.			
07	A multimídia explica bem aquilo que eu quero saber sobre Biofísica de Membrana.			
08	Não compreendo os textos explicativos que são apresentados no <i>software</i> .			
09	Através do sistema tenho melhor compreensão dos fenômenos físicos e químicos associados à neurotransmissão.			
10	A multimídia me ajuda constatar a conexão entre os assuntos que foram estudados na sala de aula			
11	Estudar através de imagens e animações facilita a minha aprendizagem.			
12	As aulas de Biofísica, utilizando as animações, tornam-se uma importante ferramenta pedagógica.			
13	A presença do professor é importante para o entendimento da matéria apresentada virtualmente.			
14	Posso aprender sozinho tudo o que preciso utilizando apenas este recurso, sem a necessidade de um professor.			
15	Poder usar o sistema através de <i>chats</i> torna aula virtual mais interessante e participativa.			
16	O uso de Minha Agenda pessoal é muito interessante para que eu possa agendar meus compromissos.			
17	O “contato visual” com a matéria de Biofísica, realizado pelo computador, torna as aulas mais interessantes.			
18	Ter aulas com recursos computacionais me desperta na busca do conhecimento.			

ANEXO 5 – Questionário de Opinião dos Estudantes

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO DOS ESTUDANTES SOBRE O USO DO SOFTWARE NA DISCIPLINA DE BIOFÍSICA (POSTERIOR À AVALIAÇÃO)

Este questionário visa avaliar a importância do uso da multimídia de Neurotransmissão após a realização da Prova da disciplina de Biofísica, onde o principal meio de estudo foi a multimídia de Biofísica.

Para cada afirmação abaixo marque com “x” a opção que melhor demonstre sua opinião:

		Concordo	Sou indiferente	Não concordo
01	O sistema via <i>Internet</i> apresentou rapidez no acesso tanto na universidade como em casa.			
02	Os <i>links</i> disponibilizados de forma sequencial me ajudam na busca de informação.			
03	A organização do conteúdo não facilitou a navegação pela multimídia de Biofísica.			
04	Ter estudado pela multimídia de Biofísica fez com que eu lembrasse os conceitos ligados à Neurotransmissão durante a prova.			
05	Através da aula virtual de Biofísica os alunos se tornam mais independentes dos professores.			
06	O sistema fez com que eu compreendesse melhor os fenômenos associados à neurotransmissão.			
07	A multimídia de Biofísica influenciou o resultado final da prova.			
08	Se todas as disciplinas possuíssem seu conteúdo em multimídia, seria bem mais fácil entender seus conceitos.			
09	Estudar através do sistema com o uso de <i>chats</i> para comunicação entre os alunos torna o estudo melhor do que o convencional.			
10	O “contato visual” com a matéria de Biofísica através do computador tornou o estudo mais interessante.			

ANEXO 6 – Questionário de Opinião dos Estudantes

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO DOS ESTUDANTES SOBRE O USO DO ATLAS DE NEUROANATOMIA HUMANA

Este questionário visa avaliar a importância do uso do Atlas Neuroanatômico nas aulas de Anatomia no curso de Engenharia Biomédica, sendo um instrumento para coleta de dados para uma Tese de Mestrado do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia. Sua colaboração é de suma importância para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado!

Para cada afirmação abaixo marque com “x” a opção que melhor demonstre sua opinião:

		Concordo	Sou indiferente	Não concordo
01	O sistema BioLabVirtual possui uma interface fácil para o acesso aos recursos disponibilizados.			
02	Usar o Atlas via <i>Internet</i> é melhor do que utilizá-lo de forma <i>offline</i> .			
03	É difícil encontrar os <i>links</i> no BioLabVirtual para acessar o Atlas de Neuroanatomia.			
04	Os <i>links</i> disponibilizados de forma seqüencial me ajudam na busca de informação.			
05	O uso de Minha Agenda pessoal é muito interessante para que eu possa agendar meus compromissos.			
06	O <i>Software</i> explica bem aquilo que eu desejo saber sobre Neuroanatomia.			
07	Não compreendo os textos explicativos que são apresentados no <i>software</i> .			
08	O excesso de informação faz com que eu me perca.			
09	O Atlas faz com que eu compreenda melhor os assuntos abordados em sala de aula.			
10	O <i>software</i> me ajuda a constatar a conexão entre os assuntos que foram estudados na sala de aula.			
11	O Atlas de Neuroanatomia é um grande passo para criação de um Atlas de Anatomia completo.			
12	Ver as imagens de forma digital facilita a minha visualização das estruturas anatômicas.			
13	O conteúdo disponibilizado no sistema vai me ajudar no estudo para avaliação da disciplina.			
14	A presença do professor é importante para o entendimento do conteúdo apresentado virtualmente.			
15	Posso aprender sozinho tudo o que preciso utilizando apenas este recurso, sem a necessidade de um professor.			
16	Poder usar o sistema através de <i>chats</i> torna aula virtual mais interessante e participativa.			
17	O “contato visual” com a matéria de Neuroanatomia via computador torna aula mais interessante.			
18	Ter aulas com recursos computacionais me desperta na busca do conhecimento.			

Apêndice

Anexo publicações

Online Learning System for Biomedical Engineering

G-Thiago Fonseca, JB Destro-Filho and T. Vieira Borges
 Biomedical Engineering Laboratory (BioLab) – School of Electrical Engineering (FEELT)
 Federal University of Uberlândia (UFU)
 Av. João Naves de Ávila, 2121 – Santa Mônica
 CEP 38400-902 / Uberlândia – MG - BRAZIL
 Phone: (+55) 34-32394771 E-mail: grazianythiago@yahoo.com.br

Keywords: E-learning, signal processing, biomedical engineering

Abstract – This article proposes a web-based approach devoted to Biomedical Engineering education. It presents solutions to solve the lack of pedagogical material on signal processing and on neuroanatomy, providing the professor and students with animations and interactive lessons. In this context, the work considers a virtual environment as online model, involving both practical and theoretical education. The development of this work requires an interdisciplinary team composed of the areas of Computer and Biomedical Engineering, Biophysics and Education.

1. INTRODUCTION

Technology applied to pedagogical projects at higher education is promoting a redefinition of learning programs. New methodological proposals are required for teaching morphological disciplines in medical and biomedical courses, which leads to a significant demand for online education tools. [1]

Biomedical engineering is growing rapidly in terms of research and knowledge, as a body of practice in industry and health care. Keeping pace with this field requires a new kind of student, who can rapidly adapt to new information and recognize the potential for applying this knowledge to existing problems of human health and biology. [1]

Although many countries have specific educational programs, very few provide formal training to enable students to acquire practical skills and competencies. A meeting of European medical physicists, held in Hungary in 1995, created the project with acronym EMERALD (European Medical Radiation Learning Development). This one develops a structured training program which enables students to build up the professional competency to use ionizing radiations responsibly and safely in the medical environment. [2]

These changes in the pedagogical approach are particularly relevant in the discipline of Biophysics, which is extremely important for the courses of Medicine, Biomedical Engineering and Biological Sciences, as well as for researchers in Neuroscience. In fact, it represents the necessary conceptual base for disciplines of physiology and pharmacology.

Several difficulties related to the learning of biophysics originate from the wealth of details that characterizes the biological world: On one hand, the multiplicity of microstructures in the internal and external environments to the cell; and from the other, the

complexity of the chain of physiochemical phenomena. Consequently, the course contents is extensive and it demands a careful study of the several topics so that to enable an integrative knowledge involving several different biological levels. According to [3], this task demands interdisciplinary works, such as the Genome Project, Neuroinformatics and System Biology.

Biomedical professionals face difficulties in the conceptual understanding and computational practice associated with biological signal processing. Frequently, mystery and fear are present in those biomedical sciences professionals, well as physiology and clinical analysis represents a barrier for engineers. [4]

In order to tackle with these challenges, [5] proposes the use of hypermedia as an environment to aid the students to establish connections among concepts, definitions, representations and related applications, enlarged with the sound, movement and graphics. The ensemble of such information arising from these connections has a richer and strong potential than the knowledge obtained with traditional classes.

Hypermedia provides two important features for efficient learning. Firstly, the student controls by him/herself the learning process, needing to take autonomous decision among several choices, supported by several media types. Secondly, the use of several media resources enlarges the opportunities for learning, since texts, graphics and sound relate to each other.

Motivated by the reasons discussed above, the authors [6] had developed a software containing animations, photographs and texts on neurotransmission, leading to promising results in classroom.

Based on this new approach, this paper aims at the implementation of an e-learning system devoted to disciplines related to the course of Biomedical Engineering of UFU, as well as to apply pedagogical evaluation tools to assess the didactic potential of the system.

Section 2 summarizes the state-of-the-art. Section 3 describes the methodology for the development of the system, whereas section 4 discusses pedagogical evaluation, leading to the final conclusions in section 5.

2. REVIEW ON E-LEARNING FOR BIOMEDICAL ENGINEERING

According to [7], there are three mainly goals for the development of an e-learning system:

- Pedagogical effectiveness. Information organization must be clear, objective and in local form, promoting the autonomy for using it.
- Economic issues, since it makes possible to assign more students to professors.
- Monitoring students learning;

In [8], the e-learning should be focused in a learning perspective. In this context, the professor prepares and helps to create learning situations for the students so that they can interact with each other. In addition, professor can create courses online.

The author in [4] presents a very successful e-learning module for studying bio-signal processing, based on Matlab software. The module provides an introduction to the use of Matlab, developing further to filter design, applied to typical clinical signals as the ECG, EMG, EEG and blood pressure. This module has been designed previously for the education of students with no-engineering background, but has been successfully applied for students of all fields. This interesting course is supplied by the University of Southampton, UK. Topics include basic concepts on the genesis of biomedical signals and of measurement noise, as well as on instrumentation and main theoretical tools for analysis. The major goal is to enable student to evaluate and summarize the results obtained from signal processing operations, with particular emphasis on the physiological or clinical interpretation of the results.

Table 1 summarizes important worldwide efforts, from which one may draw the following general conclusions:

- (1) In all papers, the discussion focuses on pedagogical results following the implementation of the online system. All courses were already thought in a classical way, wherein the student is considered as the builder of the knowledge, so that students choose by themselves the way leading to knowledge. An explicit a pedagogical approach is not discussed.
- (2) 90% of the systems are accessed through web presenting similar functional characteristics. Most of them are just repositories of materials that assist the course, providing lessons in PDF format and medical-images database.
- (3) Such systems don't require either much hardware or software. For fast access to information, wideband Internet should be used, mainly in the case of videoconferencing.
- (4) In most articles, for the pedagogical evaluation methodology of the system, questionnaires with analytical questions had been found, as much electronic as handwritten. In 50% of the papers the number of interviewed students and the number of those answering the evaluation questionnaire was not supplied. One may conclude that, for most systems in the literature, there was neither a established politics for system evaluation based on software engineering, nor in terms of pedagogical issues.
- (5) In general, most articles pointed out that online courses lead to more effective and motivated learning.

3. PROPOSITION OF THE SYSTEM

Our online learning system will be developed in PHP language, because of its free license. In addition, it can be used in any platform, presents an excellent processing time and requires few resources of the hardware of the server. The database chosen is the MYSQL, which is worldwide employed due to its processing consistence, high performance and reliability.

The E-learning system is being integrated in the webpage of the BioLab/FEELT¹, and a course in Biophysical processes of the neurotransmission is supplied. This course discusses phenomena of the cellular biophysics for pedagogical use in the discipline of Biophysics, especially suited for students from both technological and biomedical fields, in particular for the courses of Medicine and Biomedical Engineering of our University. It is also intended to include specific materials for the education on neuroanatomy and signal processing in the future.

The environment will provide novel approach to the conventional teaching for the transmission of knowledge, joining concepts, sounds, virtual images, real images, practical application, chat and discussion in forum.

The main motivation of this work is to supply resources for education in the University, so that to manage the lack of anatomical pieces, of signal processing equipment and difficulty of visualization of many concepts presented in classroom.

4. EVALUATION AND TESTING

Evaluating an education hypermedia system requires considering a series of issues to its structure, its functioning and the effect on the students and professors who will use it, taking into account the particular educational objectives [5].

4.1 Tests

According to [5], the evaluation of educational systems should observe:

- a) The quality regarding intrinsic aspects, instructional factors and technical characteristics.
- b) Its contribution for student learning and the relation of this learning with the intrinsic quality.
- c) The influence of its use on the students opinion regarding the course and the professor's work.

Based on these issues discussed in [5] and in the norm [14], the authors will carry out an evaluation of the system applied to the discipline of Biophysics, thought for the courses of Biology and Biomedical Engineering of UFU.

¹ www.biolab.eletrica.ufu.br

E-Learning System	Subjects / Objective	Main Characteristics (Resources)	Computer Configurations	Methodology of tests	Results	City/ Country
Paper 1: Course in medical physics [8]	To provide the knowledge of how the radiation is applied in medicine, both for diagnosis and therapeutic purposes.	Free E-learning course, composed of five modules and nine submodules that contain texts of e-books, tasks and other resources. The course has a highly didactic approach. Discussion between students and professor takes place online, and through forums and email.	Not specified, dial-up connection probably.	Electronic questionnaire were applied with 71 analytical questions, with students of 3 courses.	The evaluation of the course was very positive. 76% of the participants had been very satisfied with the content of the course, whereas for 93% the practices of the course are very good.	Sweden
Paper 2: Re-engineering the process of medical imaging physics and technology education and training [9]	Recreation of the systematic process of analysis, project and implementation of an educational activity with improved effectiveness and efficiency to produce specific results.	E-learning at Medical Physics course with a infrastructure based on web, where a facilitator exists (Professor or tutor). Contents: audio lessons, e-books, text search mechanisms, online course. Modules and modules for continuous education.	Not specified, but a minimum configuration is required for Internet access.	No details presented.	Not shown.	Atlanta, USA.
Paper 3: TELEMA TE [10]	It is a European-wide framework to share multidisciplinary training and education in assistive technology. It aims at helping professional multidisciplinary healthcare teams specialized in TELEMA TE to keep up to date with their knowledge in order to ensure the best possible service and information for the users of assistive technology and their careers.	TELEMA TE integrates the many optics and skills required by experts working with assistive technology, whatever their background or professional specialist may be. Its framework provides a pattern for the development of training packages in all European countries. The course consists of 6 modules: 1 - introduction 2 - users and users' characteristics 3- Modern technological beginnings 4 - Assistive Technology - Definition and Papers 5 - Attended technology - Services 6 - conclusions.	Not specified, but a minimum configuration is required for Internet access.	An online evaluation was accomplished with a total of 66 students, including analytical questions about the course, the used equipment, time availability and the expectation of them in relation to the program.	Beyond the autonomy of the students in the search of the information, Internet brought a learning process that provides both resources and administration. 87% of the students considered the material very good.	European union
Paper 4: EMERALD [11]	The project had as objective to produce training and E-learning materials to facilitate the training in three areas: x-ray physics, nuclear medicine and radiotherapy.	E-Learning System. The training is done by modules, based in development of abilities and competences by the practical acting of specific tasks. PDF E-books are used to transmit the content and everything is linked with interactive images.	Internet access and software Adobe Reader for execution of the e-books in format PDF. There is no need of broadband connection on this system.	The interviews were made through discursive questions; materials of course, classes; access to the information and other questions. Beyond the students, specialists and supervisors were also interviewed.	The evaluation considered that the use of materials for education and training obtained the approval of most of the lectures in the intensive use of images and application of the education database.	London, UK
Paper 5: A research program in medical physics for Remote students [12]	Master's degree course in Medical Physics. The course takes from 3 to 4 semesters (18-24 months) full-time. It starts with an introduction to anatomy and physiology followed by radiation, radiotherapy and other disciplines.	For each course there is a Homepage, with general introduction of its structure, a list of bibliographical references and hyperlinks to return to the main page. The system is of easy navigation, making possible to the student to read the material on the computer screen, access the simple information and also print the read material.	Internet access	An online evaluation was accomplished with a total of 15 students, all of them completed the courses with success and they are graduate now. This evaluation was made through analytical questions.	90% of students trust on both courses. A forum of discussion was suggested by the students to improve understanding and to reduce isolation.	Australia and New Zealand
Paper 6: E-Learning system for medical radiation physics education [13]	E-learning system was initially associated with the purpose of a database system for the radiology diagnosis	The course consists of 12 modules. The materials of each module are converted to an electronic format (PDF) and published into the system website. For its development, techniques of software engineering were used, as well analysis of requirements, system project, implementation and tests.	The system is a virtual model for the educational process. For its implementation, no additional software or hardware resources to access or to manage the system is required.	The system was tested by five students of the university center. The demonstration of its operation was done and then the students could evaluate what they thought of the system, what it could have of interesting and what lacked.	The students evaluation demonstrates their enthusiasm to have an EAD system available for them, bringing comfort, mixing the real face-to-face conferences, online labs, as well the online contact between the student and the teacher without any barrier of space and time.	Plovdiv, Bulgaria

Table 1 – Summary of online courses from the literature

According to the norm [14], one should consider technical aspects that involve the construction of a web system, such as simple navigation, quick access and graphical quality of the interface.

The pedagogical evaluation of the system consists of five different analytical instruments: free observation; forms given to the students for recording their opinions on the platform; interviews with students in order to assess more details of their opinions on aspects of the course; evaluation involving professors using the system.

5. CONCLUSION AND PERSPECTIVES

Preliminary evaluation of the pedagogical material in CDROM format was accomplished in one of the Biophysics courses, leading to promising results [6]. Students got acquainted with navigation, without great difficulties, putting forward that the program is easy and of fast control. These preliminary tests, in general, pointed out that hypermedia material make learning of Biophysics more interesting, motivating students to go through exploration of its content.

Consequently, our current proposal presents good application perspectives, in particular for interdisciplinary education. Future efforts will be devoted to signal processing and neuroanatomy learning for students of any background. In consequence, it will be possible to compare students learning performance, technical results on the platform and professor opinions.

REFERENCES

- [1] T. R. Harris, J. Bransford, and S. P. Brophy, "Roles for learning sciences and learning technologies in biomedical engineering education: a review of recent advances.," *Ann Rev Biomed Eng*, vol. 4, pp. 29-48, Nov. 2002.
- [2] S. Tabakov, V. C. Roberts, and B.-A. Jonsson, "Medical Physics E-learning Training Materials," presented at Proc. 4th Annual IEE Conf on Information Technology Applications in Biomedicine, UK, 2003.
- [3] V. Z. Marmarelis, "Advanced Methods of Physiological Systems Modeling.," *Plenum Press*, vol. 3, pp. p.179-194, Mar. 2003.
- [4] D. M. Simpson, A. De Stefano, R. Allen, and M. E. Lutman, "Demystifying Biomedical Signals: A student centred approach to learning signal processing," *Medical Engineering & Physics*, vol. 27, pp. 583-589, Nov. 2005.
- [5] D. I. Machado, "Concepts construction modern in physics and on the nature of science supported by hypermedia," PhD theses, pp. 300, UNESP, 2006, Brazil.
- [6] S. F. Silva, D. Roman-Campos, S. Leite-Guimarães, J. B. Destro-Filho, D. P. Gonçalves, and W. F. Pereira, "Interactive software for three-dimensional visualization of the Neuron," presented at XX Brazilian Congress of Biomedical Engineering, São Pedro - SP - Brazil, Oct. 2006.
- [7] S. Tabakov, "e-Learning in Medical Engineering and Physics," *Medical Engineering & Physics*, vol. 27, pp. 543-547, Jun. 2005.
- [8] B.-A. Jonsson, "A case study of successful e-learning: A web-based distance course in medical physics held for school teachers of the upper secondary level," *Medical Engineering & Physics*, vol. 27, pp. 571-581, Jul. 2005.
- [9] P. Sprawls, "Re-engineering the process of medical imaging physics and technology education and training," *Medical Engineering & Physics*, vol. 27, pp. 625-632, 2005.
- [10] A. Turner-Smith and A. Devlin, "E-learning for assistive technology professionals--A review of the TELEMATE project," *Medical Engineering & Physics*, vol. 27, pp. 561-570, Sep. 2005.
- [11] N. Pallikarakis, "Development and evaluation of an ODL course on Medical Image Processing," *Medical Engineering & Physics*, vol. 27, pp. 549-554, Nov. 2005.
- [12] J. Pollard, "A research program in medical physics for remote students," *Medical Engineering & Physics*, vol. 27, pp. 599-603, Dec. 2005.
- [13] M. Stoeva and A. Cvetkov, "e-Learning system ERM for medical radiation physics education," *Medical Engineering & Physics*, vol. 27, pp. 605-609, Feb. 2005.
- [14] I. C. Society, "Standard for Software Test Documentation," in *IEEE Std 829*, Sep. 1998.