



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ANIMAÇÕES E VÍDEOS NO
ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR PARA A 1ª SÉRIE DO
ENSINO MÉDIO.**

Maximiliano Augusto de Araújo Mendes

Brasília – DF
2010



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ANIMAÇÕES E VÍDEOS NO ENSINO
DE BIOLOGIA CELULAR PARA A 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO.**

Maximiliano Augusto de Araújo Mendes

Dissertação redigida sob a orientação do professor Dr. Wagner Fontes e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências – área de concentração Biologia, pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF
2010

É permitida a reprodução e divulgação parcial ou total desta obra por qualquer meio impresso ou eletrônico, para fins de estudo ou pesquisa, desde que a fonte e autor sejam devidamente citados.

FICHA CATALOGRÁFICA

Mendes, Maximiliano Augusto de Araújo.

PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ANIMAÇÕES E VÍDEOS NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR PARA A 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO – Brasília, 2010.

103 f.

Dissertação de Mestrado apresentada aos Institutos de Ciências Biológicas, Física e Química, responsáveis pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília. Área de concentração: Ensino de Biologia.

1. Biologia. 2. Biologia Celular. 3. Ensino de Biologia. 4. Ensino médio. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Deus, de onde provieram as pessoas e circunstâncias que me permitiram chegar até aqui. Dentre elas:

Meus familiares e amigos pelo apoio.

Ao orientador Wagner Fontes e aos professores do curso pelas instruções.

Aos colegas de trabalho e aos superiores hierárquicos pela compreensão, sugestões, revisões de língua portuguesa e eventuais flexibilizações nos horários.

Aos estudantes que se propuseram a colaborar com essa pesquisa.

E ao colega Carlos Enrique Uribe Valência (do laboratório de neurociências e comportamento da CFS – UnB) pela ajuda inestimável concernente às análises estatísticas dos dados obtidos nessa pesquisa.

Sou muito grato a todos, peço a Deus que os abençoe.

Examinem tudo, fiquem com o que é bom. (1 Tessalonicenses 5:21, NTLH.)

Paulo de Tarso, Apóstolo. ca. 51 d.C.

RESUMO

Partindo da verificação de que alguns estudantes de ensino médio têm muitas dificuldades em compreender alguns tópicos de biologia celular e molecular, a proposta deste trabalho foi desenvolver animações e vídeo aulas contendo-as, abordar esses temas e testar se teriam efeitos positivos no ensino de estudantes cursando a 1ª série do ensino médio. Constatou-se que esse tipo de material é bem aceito e em determinadas situações, testes quantitativos sugerem que puderam contribuir para a aprendizagem, ou seja, o efeito geral no ensino foi positivo. Tendo em vista o fato de que o desenvolvimento desse tipo de ferramenta não necessariamente requer conhecimentos técnicos avançados e que esse ainda é um campo de pesquisas novo, com muitas perguntas a serem respondidas, concluiu-se que é recomendável aos professores e pesquisadores buscarem o desenvolvimento e realizarem mais trabalhos investigativos nesse âmbito.

ABSTRACT

After verifying that some highschool students have a lot of difficulties in comprehending topics on cellular and molecular biology, we proposed the development of animations and video lectures containing animations on these themes and test if they would have positive effects on the learning of students currently in the 1st grade of secondary school (in Brazil). We found that this kind of resource is well accepted and, in some cases, quantitative tests suggest they were able to contribute to learning. Thus, the overall effect was positive. Considering the fact that developing this type of resource doesn't necessarily require advanced technical knowledge and this being a new field of research, plenty of questions to be answered, we concluded that teachers, professors and researchers should be encouraged to perform research and development on this topic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tigela apresentando uma “animação”.....	14
Figura 2. Comparação entre uma animação 3D e uma 2D.....	27
Figura 3. Exemplos de elementos de controle em animações.....	28
Figura 4. Informação nova assimilada por estrutura cognitiva prévia.....	55
Figura 5. Assimilação obliteradora.....	57
Figura 6. Exemplos de analogias utilizadas como organizadores prévios.....	60
Figura 7. Comparação entre um domínio alvo e seu análogo.....	60
Figura 8. Animação sobre a Na ⁺ /K ⁺ ATPase.....	63
Figura 9. Animação sobre a via secretória.....	64
Figura 10. Animação sobre a respiração celular.....	65
Figura 11. Animação sobre a síntese de proteínas.....	65
Figura 12. Esquema demonstrando o delineamento de uma pesquisa experimental.....	67
Figura 13. Esquema ilustrando o funcionamento da Na ⁺ /K ⁺ ATPase.....	71
Figura 14. Porções mais e menos vistas do vídeo sobre a síntese de proteínas	91
Figura 15. Dados demográficos de usuários que acessaram os três vídeos sobre a membrana plasmática.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo dos resultados obtidos por RICKETTS <i>et al.</i> (2000).....	36
Tabela 2. Resumo dos resultados obtidos por STITH (2004).....	37
Tabela 3. Resumo dos resultados obtidos por REZENDE <i>et al.</i> (2006).....	39
Tabela 4. Resumo dos resultados obtidos por McCLEAN <i>et al.</i> (2005).....	41
Tabela 5. Resumo dos principais resultados obtidos por DÓREA <i>et al.</i> (2007).....	44
Tabela 6. Resumo dos principais resultados por KANAMURA (2008).....	45
Tabela 7. Resumo dos resultados iniciais obtidos por O'DAY (2007).....	46
Tabela 8. Percentuais de retenção de informações de acordo com O'DAY (2007).....	47
Tabela 9. Resultados do teste sobre a Na ⁺ /K ⁺ ATPase.....	77
Tabela 10. Resultados do teste sobre a via secretória.....	78
Tabela 11. Resultados do teste sobre a respiração aeróbica.....	78
Tabela 12. Resultados do teste sobre aprendizagem significativa.....	79
Tabela 13. Resultados dos testes de normalidade.....	79
Tabela 14. Resultados dos testes de Mann-Whitney.....	80
Tabela 15. Totais de comentários negativos e positivos feitos sobre os materiais desenvolvidos.....	80

SUMÁRIO

1. Introdução.....	12
1.1. Problemática.....	14
1.2. Hipótese.....	16
1.3. Objetivos.....	17
2. Revisão bibliográfica sobre o uso de animações e ferramentas multimídia no ensino.....	19
2.1. A <i>Internet</i>	19
2.2. As animações e o ensino.....	22
2.3. A eficiência das ferramentas de hipermídia e multimídia, inclusive animações, no ensino	35
2.4. Concluindo: é necessário utilizar animações no ensino?.....	49
3. Metodologia.....	52
3.1. Elaboração dos produtos.....	52
3.1.1. Aplicativos utilizados.....	52
3.1.2. Fontes de informações sobre os temas abordados.....	53
3.1.3. A teoria da aprendizagem significativa.....	54
3.1.4. O uso de analogias.....	59
3.1.5. Descrição dos materiais desenvolvidos.....	62
3.2. Delineamentos experimentais.....	65
3.2.1. O funcionamento da Na ⁺ /K ⁺ ATPase.....	70
3.2.2. A via secretória.....	71
3.2.3. Respiração aeróbica.....	73
3.2.4. A síntese de proteínas.....	75
3.2.5. Avaliação acerca da aceitação do material.....	76
4. Resultados.....	77
4.1. Resultados dos testes quantitativos.....	77
4.1.1. Análise estatística dos dados.....	79
4.2. Análise qualitativa concernente à aceitação do material.....	80
5. Discussão.....	82
5.1. Discussão acerca dos testes quantitativos.....	82
5.2. Discussão acerca dos comentários feitos sobre os materiais.....	84
5.2.1. Animação sobre a Na ⁺ /K ⁺ ATPase.....	85
5.2.2. Vídeos disponibilizados no <i>Youtube</i>	87
5.3. O que se pode inferir?.....	92
6. Conclusão e perspectivas.....	94
7. Referências.....	98
Apêndice 1.....	101
Apêndice 2.....	103

1. INTRODUÇÃO

Um provérbio bastante popular diz: *uma imagem vale mais do que mil palavras*. Exageros à parte, diversos estudos têm mostrado evidências de que, em geral, as informações visuais podem auxiliar bastante o processo de ensino/aprendizagem (cf. MENDES, 2006), inclusive porque em certos casos podem gerar diversos questionamentos relevantes por parte dos estudantes (RIBISI Jr. *et al.*, 2007). Sendo assim, é natural que o uso de imagens nas aulas e materiais didáticos de Biologia se tornasse uma atividade corriqueira, tanto nos livros didáticos quanto nos materiais complementares e suplementares utilizados, como apresentações em formato eletrônico e material fotocopiado de fontes diversas. Além disso (SILVA, 2009. p. 64.):

“O desenho é uma linguagem universal que, freqüentemente, dispensa o texto descritivo e a oralidade para explicar os objetos; a ilustração científica, portanto, funciona como ferramenta de apoio à imaginação para explicar ciência”, afirma Diane Carneiro, professora da área de ilustração científica do Centro de Ilustração Botânica do Paraná. [...] ‘Com poucas exceções, os grandes cientistas são pensadores visuais, no sentido de que visualizam suas idéias antes de expô-las na forma de palavras’, enfatiza Alberto Cairo, ex-editor de infografia do jornal El Mundo e professor de infografia e multimídia da Universidade da Carolina do Norte, nos EUA. Para ele, uma tradição prejudicial na cultura ocidental fomentou o conceito de que o pensamento é um processo exclusivamente verbal, quando as palavras não são mais que um meio de codificação de informação, como as imagens.”

De certa forma ainda no âmbito das imagens, se compararmos a geração atual de estudantes com aquela das décadas de 1980 e início da de 1990, perceberemos de imediato o surgimento de uma nova queixa comum de vários pais: a de que seus filhos passam tempo demais em frente aos computadores. É fato notório que o desenvolvimento das tecnologias da informação tem avançado de forma rápida e é certo que logo elas viriam a impactar a área do ensino/educação formais. Se por um lado esse tipo de recurso pode trazer alguns malefícios

como a Síndrome da Visão de Usuário de Computador – *Computer Vision Syndrome* (BLEHM *et al.*, 2005), por outro, talvez exatamente pela facilidade de disponibilização de informações visuais, pode constituir uma ferramenta bastante eficaz no processo de ensino/aprendizagem: atualmente existem diversos cursos *online*, e estima-se que mais da metade dos recursos utilizados nesses cursos e/ou treinamento baseado na web é criado com o uso do aplicativo *Microsoft Powerpoint*[®], parte do pacote *Microsoft Office*[®] (BOZARTH, 2008).

Sendo assim, é importante que os professores busquem se aprimorar no que diz respeito à utilização e desenvolvimento das tecnologias da informação. Também é necessário que haja uma busca no sentido de se pesquisar com o intuito de desenvolver formas cada vez mais eficazes e que melhor se adéquem aos diferentes contextos com os quais podem se deparar em sua atividade profissional. Um desses aprimoramentos seria a utilização e desenvolvimento de animações. Em um sentido geral, as animações consistem basicamente de uma seqüência de imagens mostradas consecutivamente, cujo objetivo é o de criar uma ilusão de movimento. No caso da maior parte das animações desenvolvidas nesse estudo, produzidas com o *Powerpoint 2007*, consistem primariamente em movimentos de objetos ou grupos de objetos em cada *slide* do aplicativo, então o movimento efetivamente ocorre.

É curioso apontar que desde a antigüidade os homens já se utilizavam de um recurso talvez relacionado às animações modernas. De acordo com o jornal *Tehran Times*¹, recentemente uma equipe de arqueólogos italianos encontrou no Irã uma tigela de aproximadamente 5200 anos apresentando desenhos, que, em seqüência podem ser pensados

¹ http://www.tehrantimes.com/index_View.asp?code=164429. Acesso em 19 de Novembro de 2009.

como sendo a “animação” mais antiga já encontrada (figura 1), talvez já demonstrando o potencial explanatório desse tipo de ferramenta.



Figura 1. Tigela de aproximadamente 5200 anos de idade mostrando imagens que, em seqüência, representam um bode saltando para se alimentar das folhas de uma planta. Retirada de: http://www.tehrantimes.com/index_View.asp?code=164429. Uma imagem animada pode ser vista aqui: <http://www.animationmagazine.net/article/8045> - Acessos em 19/11/2009.

Se uma imagem realmente valer mais do que mil palavras, pode ser que uma série delas constituindo uma animação ilustrando processos complexos possa ter bastante valor no que diz respeito ao processo de ensino/aprendizagem e a idéia desse trabalho foi justamente desenvolver algumas animações e avaliar o impacto que tiveram na aprendizagem dos estudantes.

1.1. PROBLEMÁTICA

Problemática pode ser definida como o quadro onde se situa a percepção de um problema (LAVILLE & DIONNE, 2007)². Neste caso específico, a pesquisa foi executada com estudantes da 1ª série do ensino médio de uma escola federal em Brasília (DF). De forma geral, pode-se dizer que, apesar de haver estudantes de baixa renda, a maior parte deles

² Todas as definições básicas são aquelas propostas por LAVILLE & DIONNE (2007).

tem boas condições financeiras: as famílias têm automóveis, computadores com acesso à internet e etc. Outro aspecto importante a ser destacado sobre essa escola é o de que ela pode ser classificada como “conteudista”, ou seja, a quantidade de temas a serem ministradas em cada disciplina é grande, o que costuma deixar os estudantes ansiosos e em muitos casos promove o desinteresse: estuda-se para passar e não para aprender.

Um dos possíveis problemas que podem ser percebidos nesse contexto é o de que os estudantes costumam ter muitas dificuldades para abstrair e compreender conceitos e entidades em nível molecular, uma barreira para o aprendizado. Talvez em grande parte isso se deva ao fato de que ainda na 1ª série do ensino médio, etapa na qual os conteúdos referentes à Biologia celular e molecular são ministrados, eles não possuem alguns conhecimentos teóricos essenciais para que possam compreender o tema de forma satisfatória. Além disso, como observação pessoal, destaco que os próprios estudantes³ afirmam que se esqueceram dos conteúdos de química ministrados na 9ª série do ensino fundamental, isso pode ser indicativo de que o desinteresse é real e/ou a aprendizagem está se dando de forma mecânica.

Foi percebido que ao se lecionar para os estudantes da 2ª série do ensino médio (na mesma escola, nos anos de 2007 e 2008), eles apresentam muitas dificuldades em compreender os conteúdos que requerem o entendimento da base molecular da vida, ministrados na 1ª série, como por exemplo: por que e como enzima e substrato interagem? O que é um ácido nucléico? Uma proteína? Suas funções? Isso era refletido no desempenho em termos de notas em avaliações. Foi intuído que isto pode ser devido a dois motivos principais:

³ Das turmas cursando a 1ª série em 2009

1. Esses conteúdos lhes são ministrados em um momento no qual eles ainda não possuem uma boa base de química.
2. Eles têm dificuldade em abstrair sobre o que se passa dentro da célula, em nível molecular.

A relevância de se buscar desenvolver novas formas de se trabalhar esse tema com os alunos decorre do fato de que as dificuldades que eles têm comprometem bastante a aprendizagem de diversos temas em Biologia, como o processo de replicação viral, funcionamento do sistema imunitário, como os neurônios transmitem informações via impulsos nervosos e etc. Novamente, isso, acredita-se, é refletido no desempenho em termos de notas em avaliações. Em frente aos obstáculos, pode ser que os estudantes estejam aprendendo diversos conteúdos de forma mecânica, com o único intuito de “passar”: de série, em provas de vestibulares e etc.

1.2. HIPÓTESE

A fim de nortear os trabalhos, foi formulada uma hipótese que pode ser enunciada da seguinte forma: *o uso de animações como modelos no ensino de Biologia celular e molecular para os alunos da 1ª série do ensino médio pode facilitar o processo de ensino/aprendizagem em relação aos métodos atualmente utilizados e isso pode ser constatado a partir de diferenças de notas em testes.*

E isso, supõe-se, por dois motivos principais:

1. A animação guia o estudante na abstração de modificações em uma imagem ao longo do tempo (abstração essa que poderia ocorrer de forma errônea sem a devida orientação).
2. A animação também ajuda o estudante a poupar tempo, pois muitas vezes é mais fácil aprender e reter ao observar um processo do que ler sua descrição.

É importante notar que essas animações não têm seu uso restrito aos estudantes da 1ª série do ensino médio e realmente percebeu-se que após disponibilizar esse material *online*, no *website Youtube*, várias pessoas, inclusive em cursos de graduação, fizeram proveito⁴.

1.3. OBJETIVOS

O objetivo primordial deste trabalho foi a elaboração de materiais suplementares ao livro didático utilizado atualmente (coleção *Biologia em três volumes para o ensino médio de AMABIS & MARTHO*, Moderna. 2004). Mais especificamente, este projeto consistiu no desenvolvimento de animações e/ou vídeos para serem acessados em uma sala de aula que disponha dos recursos de multimídia adequados (computador, projetor de multimídia e etc.) ou então no computador da própria casa do estudante, o que por sua vez poderia ter algum efeito no que diz respeito a acostumar o indivíduo aos materiais não-presenciais. Isso pode ser interessante caso a oferta e a aceitação dos cursos a distância venham a aumentar no futuro, o que parece ser bem plausível. Esses materiais foram desenvolvidos com o uso de diversos aplicativos, mais especificamente: *Microsoft Powerpoint*[®] 2007, *Macromedia Flash 8*, Adobe

⁴ Isso pode ser constatado ao se acessar <http://www.youtube.com/maxaug> e observar tanto os comentários dos vídeos quanto os comentários sobre o canal.

Photoshop CS 3 e Camtasia Studio 6.0. A idéia de desenvolver um novo material decorre justamente da observação e constatação de que, tendo em vista principalmente as várias notas baixas e o desinteresse, o aprendizado dos alunos sobre Biologia celular e molecular não tem se dado de forma satisfatória (o problema), apesar de que, em minha opinião, o livro didático utilizado, que inclusive é distribuído de forma gratuita, explica os conteúdos adequadamente e apresenta boas figuras explicativas (cf. SANTOS *et al.*, 2007).

Além do desenvolvimento das ferramentas, também se objetivou analisar por meio de métodos quantitativos (pontuações em testes submetidas a análises estatísticas) quão bem os estudantes foram capazes de aprender o tema com o uso dos materiais, e, ainda, se o material teve boa receptividade (aspecto qualitativo). Fora esses dois, um terceiro objetivo foi investigar sobre se é viável um professor investir tempo e se esforçar com o intuito de passar pelo processo de aprender a fazer por conta própria sem recorrer aos cursos de *design* pagos. Também destaco que outra idéia deste trabalho foi buscar expandir a partir do fato de que já existe uma quantidade considerável de evidências na literatura técnica para se crer que as imagens estáticas, como os esquemas, efetivamente contribuem para o processo de ensino/aprendizagem (cf. MENDES, 2006).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O USO DE ANIMAÇÕES E FERRAMENTAS MULTIMÍDIA NO ENSINO

Antes de descrever como se deu o delineamento, desenvolvimento e os resultados da pesquisa é importante apresentar uma revisão bibliográfica breve sobre a utilização das animações e de outras estratégias e ferramentas relacionadas no ensino em geral, acrescida de alguns comentários acerca de como esses trabalhos se relacionam com este.

2.1. A INTERNET

De acordo com informações obtidas do *website Internet Society*⁵, antes de 1960, os computadores, que ainda não eram capazes de executar mais de uma operação de cada vez, começaram a ficar cada vez mais poderosos, porém, bem maiores. Para que pudessem ser utilizados eles tinham de ser mantidos em salas especiais, devidamente refrigeradas, caso contrário acabariam estragando. Isso gerava dois problemas: não era viável manter os profissionais no mesmo recinto que o computador, então eles tinham de trabalhar “a distância”, transportando instruções para as máquinas de forma indireta, o que dificultava bastante o andamento dos trabalhos, especialmente quando ocorriam erros.

Para resolver esse problema, foi desenvolvida uma conexão remota capaz de fazer com que, mesmo a distância, os profissionais pudessem trabalhar tendo acesso direto aos grandes computadores do tempo. Aliás, ainda no que diz respeito ao tempo, esse era o período da

⁵ <http://www.isoc.org/internet/history/brief.shtml>. Confira também o documentário online *History of the Internet*, de Melih Bilgil, disponível em: <http://www.lonja.de/the-history-of-the-internet/>. Acessos em 11/04/2010.

guerra fria e em 1957 foi lançado no espaço o primeiro satélite artificial, o *Sputnik I*⁶, significando que talvez os norte-americanos estivessem ficando para trás na corrida tecnológica contra a antiga URSS.

Provavelmente em resposta, o governo norte-americano tomou uma série de medidas com o intuito de acelerar o ritmo da corrida tecnológica. Um dos resultados inclusive foi a conferência educacional de *Woods Hole*, presidida por Jerome Bruner, criador e divulgador da idéia dos currículos em espiral (BRUNER, 1978). Outro resultado foi a criação da ARPA (*Advanced Research Projects Agency*), cujo objetivo era promover o desenvolvimento de projetos relacionados à defesa do país e que possivelmente foi a primeira instituição do mundo a desenvolver uma rede de computadores, a ARPANET (BANKS, 2008). Apesar de inicialmente o uso dessa rede ter sido restrito aos pesquisadores nas universidades, eis aqui o início da *internet*, com a qual estamos tão familiarizados hoje em dia.

Apesar de no início a rede ter sido utilizada primordialmente para o compartilhamento de informações sobre pesquisas científicas, logo a criatividade humana foi capaz de desenvolver outros tipos de formas de explorar esse recurso, além, claro, do uso com fins educativos: bate-papo, comércio, compartilhamento de arquivos e etc.

Tendo isso em mente, como as ferramentas da informática, inclusive a *internet*, têm o potencial para serem utilizadas no ensino, no Brasil, diversas escolas, inclusive públicas, já possuem laboratórios de informática que podem vir a ser utilizados pelos professores e estudantes, até mesmo porque para serem inseridos no mercado de trabalho posteriormente,

⁶ <http://inventors.about.com/library/inventors/blsatellite.htm>. Acesso em 11/04/2010.

serão requeridos conhecimentos em informática. Várias instituições também têm oferecido cursos não presenciais, desenvolvendo aplicativos e salas de aulas virtuais (que também funcionam como auxílio aos cursos presenciais). Esses podem ser boas oportunidades para os indivíduos que têm problemas de tempo ou não podem se deslocar com facilidade até determinado local. Infelizmente, grande parte do material ainda parece ser baseada principalmente em textos, porém, alguns pontos positivos dos cursos não presenciais podem ser: o aumento da interatividade entre os estudantes e entre estes e professores (ponto a ser exemplificado adiante), a possibilidade de escolher a hora preferencial para se estudar, disseminação rápida (via *internet*) e etc. (RICKETTS *et al.*, 2000; BOORADY & HAWLEY, 2008).

Um fato importante a ser destacado sobre a utilidade da *internet* é que tão grande tem sido sua influência e impacto, que pela primeira vez na história da educação os professores não estão mais à frente de seus estudantes em certos campos, particularmente o das habilidades técnicas em informática, inclusive porque graças à facilidade em se obter conhecimento, o professor, antiga fonte primária de conhecimento, tem sido substituído pelas ferramentas de busca na *web*. Porém, claro, ainda é necessário que haja docentes para auxiliar os estudantes a converterem as informações em conhecimento significativo (KUIPER *et al.*, 2005). Vale lembrar que é comum ver estudantes literalmente ensinando informática para alguns professores, inclusive no que concerne a utilização de equipamentos e aplicativos.

KUIPER *et al.* (2005) apontam para o fato de que, em parte graças ao avanço tecnológico, o aprendizado tenderá a ser menos baseado no conhecimento presente na mente do indivíduo e mais no aspecto de ser capaz de encontrar as informações necessárias. Essa

mudança pode realmente ser necessária e requerida, tendo em vista o excesso de informações ao qual os indivíduos são submetidos e obrigados a utilizar (como os pontos periféricos que os estudantes têm de “saber” pura e simplesmente porque podem ser cobrados em provas de vestibulares).

2.2. AS ANIMAÇÕES E O ENSINO

Anteriormente foram demonstrados alguns exemplos de problemas e suas soluções no desenvolvimento da *internet* durante o período da guerra fria. Em sala de aula um professor também tem problemas complexos e costuma enfrentar um conflito muito sério: a dificuldade em se ensinar e fazer com que os estudantes aprendam ciências. Vários professores reclamam constantemente da falta de interesse dos educandos. Esse é um problema tão grave, que de acordo com dados de uma pesquisa de 2009 realizada pela Fundação Getúlio Vargas sobre a evasão escolar, 40,3 % dos evadidos abandonaram a escola devido ao desinteresse por aquilo que é ensinado⁷.

Além do desinteresse, quando se vai ensinar algo também é importante levar em consideração o próprio grau de dificuldade do material e os processos cognitivos envolvidos em sua compreensão. BOORADY & HAWLEY (2008) afirmam que vários de seus estudantes de cursos relacionados ao design de roupas têm dificuldades em seguir as instruções dos livros ilustrando os padrões de moldes dos cortes a serem feitos nos tecidos e afirmam que só conseguem compreender o material caso o professor demonstre como se faz, pois, a partir daí, desenvolvem seus próprios diagramas e abandonam os dos livros. De acordo

⁷ <http://www.fgv.br/cps/tpemotivos/>. Acesso em 6 de Agosto de 2009.

com as autoras, perde-se muito tempo em aula para posteriormente corrigir e explicar aos estudantes, os próprios diagramas que eles mesmos desenvolveram em sala de aula. Daí a necessidade de se buscar desenvolver novas estratégias e ferramentas.

Em virtude disso, na busca para propiciar aos estudantes algo que lhes vá despertar o interesse (ou pelo menos tentar), e não somente isso, mas também facilitar ou ter um efeito positivo no processo de ensino/aprendizagem, alguns profissionais do ensino/educação têm buscado desenvolver e aplicar ferramentas capazes de suplementar as aulas tradicionais. Como atualmente os jovens têm bastante familiaridade com os computadores e a *internet*, uma escolha razoável seria a de desenvolver materiais com as tecnologias da informática, dentre as quais estão as animações, que podem ser apresentadas sozinhas ou fazendo parte de vídeos e ferramentas de hipermídia.

Sobre esse ponto, HECKLER *et al.* (2007. p. 267) também apontam:

A informática na escola coloca os estudantes frente a um novo processo educativo, onde podem prosseguir, frear, voltar, re-estudar ou aprimorar conceitos vistos em sala de aula, aprofundar e criar suas investigações e interpretações sobre o assunto, baseados em outras informações pesquisadas ou discutidas com diferentes autores ou colegas, via internet.

Sendo assim, a idéia do material apresentado nessa seção é dissertar acerca das ferramentas da tecnologia da informação de forma geral, focando nas animações, o que será feito em grande parte com o uso de alguns exemplos encontrados na literatura técnica até Julho de 2009. Serão vistas também alguns mecanismos cognitivos pelos quais as animações podem auxiliar no processo de ensino/aprendizagem.

De acordo com GREEN *et al.* (2000), o ensino com o uso de ferramentas computacionais permite que os estudantes aprendam tão bem, pelo menos em termos de retenção de conhecimentos, quanto os métodos tradicionais. Mais especificamente sobre a Biologia celular, apesar de não haver evidências conclusivas, alguns estudos já demonstraram que o ensino auxiliado por animações pode facilitar a aprendizagem e que os estudantes apreciam ter esse tipo de material disponível (cf. O'DAY, 2007). Se analisarmos diversos livros didáticos de bioquímica e biologia molecular de nível superior, perceberemos que várias das edições mais recentes vêm acompanhadas de CD-ROMs ou DVD-ROMs contendo uma multitude de materiais de multimídia, inclusive animações.

Também se conjectura que as animações tenham vantagens sobre as imagens estáticas quando se pensa em termos de eventos dinâmicos (O'DAY, 2007), como etapas da replicação viral e processos metabólicos, pois a aprendizagem depende de pistas auditórias, visuais e cinéticas. STITH (2004) considera que as animações são boas para esclarecer os processos que envolvem movimento, como os das polimerases ao longo do DNA, ou do ribossomo ao longo do mRNA. E quando comparamos uma animação com uma imagem estática, a animação permite a adição de mais desses recursos.

Uma idéia que pode lançar certa luz e corroborar essas afirmações é a teoria da flexibilidade cognitiva – TFC, no âmbito da facilitação do aprendizado de temas que podem ser considerados complexos ou mal estruturados. A TFC afirma que para se desenvolver a flexibilidade cognitiva são necessárias múltiplas representações de um conjunto de informações, que favoreçam a transferência do conhecimento para novas situações (PEDRO & MOREIRA, 2000; REZENDE *et al.*, 2004; SANTOS & CURI, 2009). Em outras palavras,

as representações do conhecimento de forma distinta, como a visual e a auditiva, poderiam ser favoráveis no processo de aprendizagem ao facilitarem a reorganização de estruturas de conhecimento do indivíduo, ou seja, propiciando-lhe a devida flexibilidade cognitiva para que ele possa transferir o conhecimento entre situações novas e/ou distintas. Ademais, para que isso seja possível, também é necessário rever o material de estudo em tempos e contextos distintos ou também com outros objetivos (PEDRO & MOREIRA, 2000).

Dentro dessa perspectiva, vídeos contendo animações, constituindo materiais que apresentam as informações de forma visual e auditiva, poderiam ser considerados bons instrumentos promotores da flexibilidade cognitiva e transferência de conhecimentos.

LOWE (2004) também destaca que muitos acreditam que as animações sejam ferramentas mais eficazes que as imagens, visto que elas podem apresentar os processos dinâmicos de forma explícita, ao passo que no caso das imagens estáticas como os esquemas, a direcionalidade, as seqüências e os eventos temporais têm de ser indicados com o uso de símbolos, como setas, que por sua vez podem sobrecarregar a tela e dificultar o aprendizado ao invés de facilitar. Como as animações podem mostrar os processos diretamente, o aprendiz pode direcionar seus esforços para o aprendizado do conteúdo ao invés de se esforçar em demasia na criação de uma representação mental.

Uma boa explicação atinente a essa representação mental e de como as animações podem auxiliar a aprendizagem é a seguinte: acredita-se que os estudantes sejam capazes de compreender como objetos podem interagir (por exemplo, enzima e substrato), através de um

processo de animação mental, tentando visualizar internamente como se dão os processos (BOORADY & HAWLEY, 2008; LOWE, 2004).

Ainda em comparação com as imagens estáticas e lidando com processos celulares, McCLEAN *et al.* (2005) apresentam outro ponto relevante: algumas animações, produzidas com certos aplicativos que permitem a criação de estruturas em três dimensões (como o *Autodesk Maya*) podem auxiliar o ensino no sentido de que, assim como acontece no interior celular, as animações também podem demonstrar processos em quatro dimensões⁸, em contrapartida, as imagens só os mostram em duas.

Sendo assim, dentre os tipos de animações possíveis de serem produzidas, McCLEAN *et al.* (2005) destacam que a preferência deve ser pelas que possuem objetos em 3D, pois ao contrário das 2D, elas permitem demonstrar relações espaciais entre moléculas e estruturas biológicas (ver figura 2). Essa pode ser uma característica bastante desejável caso se vá utilizar o material desenvolvido com estudantes de nível superior. Como por exemplo: para mostrar em grandes detalhes a interação entre um substrato e o sítio ativo de uma enzima ou como interagem duas ou mais subunidades de uma estrutura quaternária. Todavia, para o uso no ensino de Biologia de nível médio talvez esse não seja um requisito essencial, tendo em vista que nesse nível geralmente não se costuma abordar em profundidade como se dão as interações entre as moléculas. Ademais, produzir animações em quatro dimensões requer conhecimentos aprofundados acerca da utilização de aplicativos complexos, e isso é algo muito distante da realidade da maioria dos professores.

⁸ De forma simplificada, as dimensões referem-se aos objetos 3D (altura, comprimento e largura) movendo-se ao longo do tempo (a quarta dimensão).

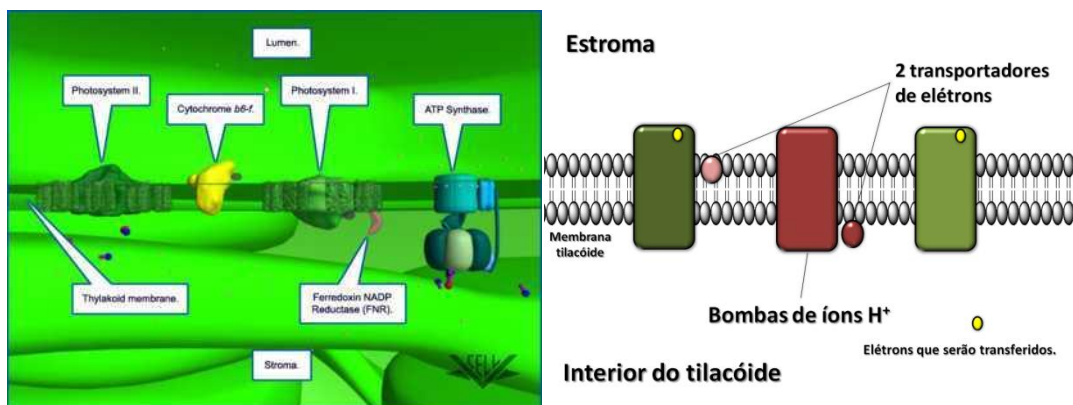


Figura 2. Comparação entre a tela de uma animação 3D (esquerda) com uma 2D (direita), mostrando os efeitos de formato 3D do *Powerpoint*. Ambas as telas ilustram parte da membrana tilacóide e estruturas protéicas transmembranares que fazem parte da etapa fotoquímica do processo fotossintético. A figura da esquerda foi retirada de <http://vcell.ndsu.edu/animations/home.htm>. Acesso em 8 de Agosto de 2009. A figura da direita faz parte de uma das animações produzidas como parte desse programa de pós-graduação.

Independente do aplicativo ou técnica a ser utilizada, alguns trabalhos se destinam a dar orientações sobre como utilizar aplicativos e produzir animações e vídeos com conteúdo educacional para que o profissional do ensino, mesmo não sendo um *designer*, possa desenvolver animações eficazes (cf. BOZARTH, 2008; HEYDEN, 2004; O'DAY, 2006). Além disso, O'DAY (2006) faz uma breve revisão sobre alguns dos atributos pedagógicos preferenciais que uma animação deve ter para aumentar sua eficácia no processo de ensino, de forma geral, essas recomendações objetivam promover a utilização de estímulos visuais e auditivos pelos estudantes, com o intuito de aumentar a memória operacional:

1. Devem ser narradas.
2. A narração deve ser acompanhada de porções de texto na tela.
3. As figuras devem ser combinadas com as palavras, aparecer juntas na tela, ao invés de apenas palavras sozinhas (efeito multimídia). Um exemplo seria nomear os componentes na tela ao lado daquilo ao qual se referem (efeito de proximidade espacial), e narrar os nomes na hora em que aparecem.

4. A narrativa deve ter tom coloquial (efeito de personalização).
5. O número de conteúdos abordados deve ser pequeno.
6. Os objetos representados na tela não devem se mover rápido demais.
7. Devem-se usar pistas visuais. Por exemplo, para destacar aquilo que irá acontecer em seguida (o passo seguinte de um processo).
8. Deve haver a possibilidade de controlar a animação, como pausar, avançar e retroceder (ver exemplos na figura 3). LOWE (2004) também comenta sobre a necessidade de se ter um elemento controle, de forma a facilitar o processamento/assimilação das informações. O mesmo autor menciona que em um estudo seu em andamento (ainda em 2004), pôde perceber que os estudantes pausam as animações diversas vezes a fim de conseguir analisar os conteúdos mostrados na tela.

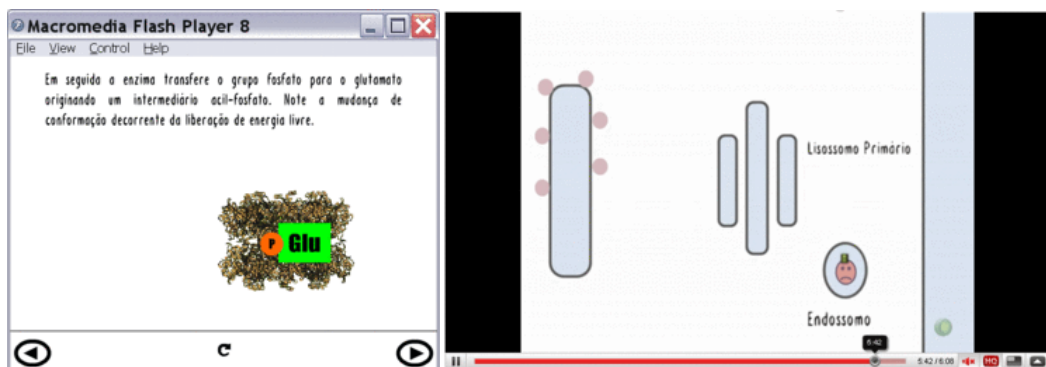


Figura 3. Exemplos de elementos de controle em duas animações (ambos localizados na porção inferior). Na esquerda, uma animação em *Flash* contendo botões para avançar, retroceder e recarregar telas. À direita, animação disponibilizada no *Youtube*, sendo que para controlar e repetir porções, basta clicar e arrastar o círculo indicativo de tempo transcorrido localizado na barra vermelha.

Ainda sobre o último atributo, a possibilidade de controlar a animação permite ao estudante não perder nada se não quiser. Se por um lado, no ambiente formal de sala de aula pode não haver tempo suficiente para que o professor repita a matéria diversas vezes, por

outro, com o recurso de multimídia o estudante pode repassar os segmentos de interesse, pausar a apresentação quando se sentir cansado e, dependendo de onde o recurso estiver disponibilizado, até mesmo fazer perguntas e interagir com um professor, como é o caso dos vídeos disponibilizados no *website Youtube*, que possuem um formulário para comentários. Muitas vezes em uma sala de aula, o estudante pode não se sentir confortável para questionar e interagir, mas em um formulário na *internet*, cadastrado com um nome de usuário qualquer, ele pode perguntar à vontade de forma anônima, o que por sua vez pode inclusive deixá-lo mais desinibido⁹.

É interessante mencionar que as recomendações acima (de O'DAY, 2006) estão em concordância com a teoria da carga cognitiva – TCC. De acordo com a TCC é difícil para o indivíduo processar muitas informações na memória ao mesmo tempo, de forma que o excesso de informações pode sobrecarregar e comprometer a qualidade da aprendizagem e outros processos cognitivos, daí o nome da teoria (FLORES *et al.*, 2006). Inclusive, supõe-se que os indivíduos consigam processar no máximo nove elementos informativos de cada vez (SANTOS & TAROUCO, 2007). Sendo assim, propõe-se que ao elaborar materiais de ensino baseados em hipermídia e multimídia é importante adotar certas estratégias ou princípios cujo intuito é diminuir a carga cognitiva. São eles (FLORES *et al.*, 2006; SANTOS & TAROUCO, 2007):

1. Princípio de representação múltipla: a aprendizagem é favorecida quando se utilizam palavras e imagens em combinação, ao invés de se utilizar somente palavras.

⁹ Pelo menos em teoria, pois tenho visto que, na prática, nos vídeos disponibilizados no *Youtube*, alguns indivíduos apagam suas perguntas posteriormente, talvez por ainda sentirem algum tipo de constrangimento.

2. Princípio de proximidade espacial: é preferível utilizar as palavras próximas às suas imagens correspondentes.
3. Princípio da não divisão ou da proximidade temporal: deve-se preferir apresentar as palavras e as imagens simultaneamente, e não sucessivamente, pois se acredita que a divisão do texto e animação na mesma tela pode dividir a atenção do indivíduo.
4. Princípio das diferenças individuais: estudantes com melhores níveis de conhecimentos sobre um determinado assunto e grau de orientação espacial possuem melhores condições de organizar as informações ao interagirem com o tópico.
5. Princípio da coerência: é recomendável excluir sons, palavras e imagens quando essas não são relevantes dentro do assunto tratado. Quanto mais simples e objetiva for a apresentação do conteúdo, mais livre ficará a memória de trabalho para processar um número maior de informações relevantes.
6. Princípio da redundância: é preferível utilizar animações e narração ao mesmo tempo, ambas explicando o mesmo tópico (redundância). Acredita-se que a utilização em conjunto torna a aprendizagem mais eficaz do que a utilização de ambas em separado.

Além dos vários aspectos teóricos apontados até agora, pode-se dizer que as animações têm dois papéis principais no ensino (LOWE, 2004):

1. Afetivo: no qual elas são utilizadas para atrair a atenção e motivar o estudante, inclusive porque podem apresentar conteúdo considerado lúdico. Note que essa função ou característica, não necessariamente é capaz de facilitar a aprendizagem.
2. Cognitivo: geralmente mais associado ao uso das animações no ensino superior, no qual os estudantes terão de compreender em profundidade diversos processos e

conceitos complexos. Neste caso, a idéia é utilizar as animações como auxiliadoras dos processos cognitivos dos estudantes (como a formação de uma animação mental) e, portanto, da aprendizagem.

Sobre o aspecto cognitivo, supõe-se que as informações visuais possam auxiliar o ensino ao facilitarem a conversão de conceitos abstratos em objetos visuais específicos que podem ser manipulados na mente do indivíduo (McCLEAN *et al.*, 2005). Apesar de moléculas biológicas e estruturas celulares não serem objetos ou entidades abstratas, de forma geral, devido à grande dificuldade em se visualizá-las, podemos considerar que, para um estudante de nível médio, o processo de conversão de conceitos que para ele são quase como que abstratos em objetos visuais como os mostrados pelas animações podem ser de grande valia.

Porém, quanto mais complexo é o processo ou quanto menos conhecimentos sobre o tema o estudante possui, mais difícil se torna construir uma representação mental. Daí a importância de se utilizar organizadores prévios, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel a ser discutida posteriormente. Se o estudante não tiver familiaridade com os conceitos de determinado tema, aumenta a probabilidade de ele construir uma representação mental incorreta. Sendo assim, as animações como ferramentas multimídia para o ensino, desde que adequadamente produzidas, levando em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes, podem atuar diminuindo esse tipo de complicação e auxiliarem na compreensão por parte deles (BOORADY & HAWLEY, 2008; LOWE, 2004).

De forma geral, inclusive de acordo com o que foi mostrado até agora, pode ser que não haja motivos sérios impedindo o aumento da utilização das ferramentas multimídia e animações no ensino, apesar de que é necessário atentar para certos fatores complicadores. Como por exemplo: o fato de que os professores talvez teriam de investir tempo e recursos financeiros para que possam aprender a desenvolver materiais desse tipo (especialmente se o objetivo for desenvolver animações com objetos tridimensionais). Os vídeos têm sido utilizados há algum tempo no ensino com resultados positivos, todavia, os custos de produção altos constituem uma barreira para a maioria dos educadores (BOORADY & HAWLEY, 2008). GREEN *et al.* (2000) também destacam o fato de que o desenvolvimento de uma ferramenta específica e de alta qualidade para o ensino de Biologia destinada aos estudantes do curso de enfermagem da Escola de Ciências da Saúde da Universidade de Gales em Swansea custou bastante caro, fato que definitivamente não atrai o interesse da maioria das escolas brasileiras.

Outro ponto relevante a ser destacado sobre o uso das animações no ensino, pois pode ser considerado um fator complicador, é o de que ao invés de apenas deixar os estudantes estudando o material por conta própria, o professor possa vir a lecionar exibindo o conteúdo em uma tela com o uso de um projetor de multimídia. Comumente é necessário apagar parte das lâmpadas nas salas onde esse tipo de equipamento se encontra para que a projeção se torne mais nítida e fácil de enxergar. O problema é que o ambiente mais escuro favorece a dispersão por parte dos estudantes (BOORADY & HAWLEY 2008). Esse tipo de atitude pode dificultar bastante a execução de uma avaliação acerca da eficiência real das animações no ensino, visto que dispersarem, mesmo que venham a dar a impressão de que estão atentos,

os estudantes de um grupo experimental, que deve sofrer uma intervenção, não estão efetivamente passando por ela.

Ainda nesse âmbito da dispersão, em artigo de revisão investigando o uso da *internet* por parte de estudantes até o ensino médio (K-12), KUIPER *et al.* (2005) apontam duas características interessantes: em geral eles não têm paciência de ler as descrições das páginas, escolhem quais *sites* irão entrar apenas pelo título. Além dessa, também se nota que eles têm preferência por páginas contendo pouco texto e muitas imagens ou recursos de multimídia. Talvez essas possam ser consideradas como características típicas de uma geração que, além de ser da *internet*, também é do *fast food*.

Não obstante, o segundo ponto é particularmente importante no âmbito do desenvolvimento de animações, tendo em vista o fato de que vários materiais instrucionais desenvolvidos em *Flash* contêm grandes quantidades de texto que comumente são negligenciados por parte dos leitores. Sendo assim, as porções de texto a serem adicionadas devem ser, na medida do possível, simples e sucintas.

Outra dificuldade é a de que, apesar dos possíveis benefícios cognitivos das animações, LOWE (2004) enfatiza que ainda não havia evidências claras mostrando que efetivamente elas são superiores às imagens estáticas como ferramenta a ser utilizada no ensino e até mesmo menciona outros trabalhos mostrando que as animações podem prejudicar a aprendizagem. O autor ainda aponta para o fato de que na maioria absoluta dos casos, esses materiais são desenvolvidos de forma intuitiva, e não baseada em dados empíricos sobre como os estudantes assimilam as informações apresentadas. Não obstante, há tentativas de se

explicar os motivos pelos quais eles podem ter dificuldades com as animações. Em resumo, são dois tipos de problemas relacionados ao processamento e assimilação das informações:

1. Excessivo: caso o estudante não consiga processar de forma eficaz todo o conteúdo apresentado no material, por motivos diversos, como quando o fluxo de informações é apresentado rápido demais ou de forma não eficaz.
2. Insuficiente: nesse caso, a animação não leva o estudante a se engajar de forma satisfatória, então, as informações apresentadas não são processadas e assimiladas adequadamente. Pode ser que, ao apenas observar uma animação, o estudante tenha a falsa impressão de que está aprendendo o que se passa na tela. Outra possibilidade é a de que a animação livre o estudante de ter de executar operações mentais por conta própria a fim de compreender um processo e por conta disso, promova o processamento de informações de forma superficial, que por sua vez tende a acarretar em inibição do aprendizado.

Algumas animações, por sua vez, também podem ser ineficazes caso simplifiquem demais certos conceitos ou pulem muitos passos em um processo (STITH, 2004).

No âmbito da avaliação, RICKETTS *et al.* (2000) apontam algumas dificuldades importantes acerca de como analisar a eficácia de cursos ou materiais de nível superior *online* devido às dificuldades em se conseguir executar um delineamento experimental sem falhas no que diz respeito aos grupos experimental e controle. Sendo assim, os dados são obtidos principalmente a partir de estudos de casos e evidências anedotais. Os autores ainda

argumentam que vários dos críticos são professores que se sentem ameaçados por esse tipo de tecnologia.

Não obstante, vejamos a seguir alguns exemplos de pesquisas e seus resultados sobre o uso das animações no ensino e estudos similares. Julgou-se importante fazer uma descrição com maiores detalhes, para que se possa efetivamente conhecer como são conduzidas as pesquisas nessa área e quais resultados vem sendo obtidos.

2.3. A EFICIÊNCIA DAS FERRAMENTAS DE HIPERMÍDIA E MULTIMÍDIA, INCLUSIVE ANIMAÇÕES, NO ENSINO

Acredita-se que a aprendizagem seja mais eficaz quando ocorre interação entre professor e estudante. Não obstante, a possibilidade de se fazer perguntas online como em um fórum de *internet* auxilia na promoção da interação em vários casos, exceto naqueles dos chamados “aprendizes barulhentos” (*noisy learners*), que têm dificuldades em perceber a presença de outras pessoas online e precisam ser ativos de forma verbal e criativa durante o processo de aprendizagem (RICKETTS *et al.*, 2000).

Porém, apesar de não parecer, um ponto positivo dos cursos online pode ser o da promoção da interação entre professores e estudantes. Um caso interessante foi uma experiência realizada na Universidade do Arizona: dois cursos de Biologia geral para estudantes de nutrição na modalidade presencial tinham 300 e 500 estudantes em sala de aula (um auditório). Definitivamente é difícil interagir com um professor em meio a uma turma tão grande, mesmo que seja dividida em grupos. Sendo assim, foram desenvolvidas ao longo do

tempo e com o auxílio das críticas dos estudantes, modalidades não presenciais desses cursos, nas quais os estudantes e professores podem interagir *online*. Na tabela 1 mostra-se que, ao se comparar as médias das turmas dos cursos presenciais e não-presenciais, percebe-se que praticamente não houve diferenças (RICKETTS *et al.*, 2000):

Tabela 1. Comparação entre as médias e pontuações das turmas em cursos presenciais e não-presenciais de Biologia de nível superior da Universidade do Arizona segundo RICKETTS *et al.* (2000).

	<i>Online</i>	Presencial
Média do curso mais desvio padrão	2,9 ± 0,6	2,8 ± 0,7
Pontuação em um teste de múltipla escolha específico (sobre conceitos introdutórios em nutrição) mais desvio padrão.	43,9 ± 10,8	43,1 ± 10,0

Apesar desses resultados, os pesquisadores apontam para o fato de que em uma turma de 56 estudantes, ao longo do semestre houve o envio de 1756 mensagens de *e-mail*, o que fornece um indício de que os cursos *online* podem efetivamente facilitar a interação entre professores e estudantes ao mesmo tempo em que também mostram que eles não são prejudiciais à qualidade do aprendizado dos indivíduos. Porém, não permitem afirmar que materiais destinados aos cursos não-presenciais tenham qualquer efeito superior no que diz respeito ao aprendizado.

Sobre a aprendizagem, STITH (2004) realizou um estudo sobre a eficácia de uma animação de 65 s acerca do processo de apoptose para estudantes de nível superior, cujo delineamento foi o seguinte:

1. Uma aula (intervenção) com aproximadamente 1 h de duração.
2. Depois a turma foi dividida, sendo que 27 estudantes saíram da sala, ao passo que 31 permaneceram e assistiram uma animação sobre o processo de apoptose três vezes (duração de 4 min ao todo).

3. Aplicação de um teste contendo 10 questões de múltipla escolha sobre o tema visto em sala e comparação das pontuações entre os grupos controle (não assistiu as animações) com o grupo experimental (assistiu).

As percentagens de acertos mais o desvio padrão são mostrados na tabela 2, onde se pode ver que o grupo experimental obteve médias superiores.

Tabela 2. Percentuais de acertos dos grupos experimental e controle no que diz respeito a uma intervenção com o uso de uma animação demonstrando o processo de apoptose Segundo STITH (2004).

	Grupo Controle	Grupo Experimental
Percentuais de acertos mais desvio padrão.	70,0 % \pm 3,5 %	84,2 % \pm 3,2 %

Todavia, apesar de os resultados parecerem indicar que efetivamente a animação teve um efeito marcante na aprendizagem dos estudantes, pode-se argumentar que o delineamento do estudo é falho, tendo em vista o fato de que o número maior de acertos pode ser atribuído ao fato de que o grupo experimental teve mais tempo de aula e estudo, além de ter tido a oportunidade de revisar a matéria com as animações. De qualquer forma, esse exemplo serve para demonstrar as dificuldades em se efetuar um delineamento realmente eficaz para se estudar a eficiência das animações.

Em outro estudo, REZENDE *et al.* (2006) descrevem o desenvolvimento e avaliação de um sistema hipermídia (o *Biomec* que, além de outros tipos de recursos continha animações) a fim de estimular e facilitar a aprendizagem de física por parte de estudantes de educação física. Podemos definir hipermídia como sendo sistemas computacionais que combinam elementos de multimídia, como os textos, imagens, animações e vídeos com os de hipertexto, que consistem de informações apresentadas de forma não seqüencial e ligadas por palavras-chave (HECKLER *et al.*, 2007).

Os autores argumentam que, de forma geral, esses estudantes não demonstram interesse em estudar conceitos de física, sendo assim, julgaram necessário desenvolver uma ferramenta que pudesse impactá-los de forma positiva. De acordo com os pesquisadores, se um estudante apresenta atitude favorável em relação a determinados conteúdos, espera-se que possa aprendê-los mais facilmente.

Esse também pode ser um dos motivos pelos quais as animações podem ter efeito positivo no ensino de Biologia celular, tendo em vista o fato de que vários dos estudantes, talvez por não conseguirem abstrair o que se passa em nível molecular, reclamam que a matéria de Biologia é “chata”.

Nesse estudo também foi reconhecido que ainda não há evidências conclusivas para se crer que ferramentas desse tipo sejam superiores às tradicionais no ensino. Mesmo assim, o delineamento consistiu basicamente no seguinte:

1. Pré-teste: elaboração de mapas conceituais, aplicação de uma questão conceitual (valendo 5,0 pontos) e atribuições de pontos de afeição para a disciplina de física.
2. Intervenção: interação com o sistema de hipermídia.
3. Pós-teste: aplicação de questionários de opinião, elaboração de novos mapas conceituais, re-aplicação da questão conceitual e nova atribuição de pontos de afeição em relação à física.

Os resultados foram os seguintes: em primeiro lugar, no que diz respeito a um aumento da afetividade e interesse pela física, não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias dos pré- e pós-testes. Sendo que os resultados indicam “atitude favorável em relação à física”. Todavia, a avaliação do material foi positiva. E em segundo, os autores consideraram que as médias nas pontuações dos mapas conceituais e da questão conceitual, realizados nos pós-testes melhoraram de forma estatisticamente significativa, sendo as médias e desvios padrão das questões conceituais apresentadas na tabela 3.

Outro aspecto relevante notado neste estudo foi o de que metade das repostas das questões conceituais dos pós-testes continham desenhos baseados nas animações da ferramenta desenvolvida. Esse pode ser um indicativo de que, independente de terem ou não acertado a questão, as animações apresentaram materiais que podem ter sido aprendidos de forma significativa pelos estudantes.

Tabela 3. Médias e desvios padrão de algumas questões conceituais de física em teste acerca da eficácia de um sistema de hipermídia no ensino. Segundo REZENDE *et al.* (2006).

	Grupo 1	Grupo 2
Médias e desvios padrão dos pré-testes.	1,30 ± 0,75	2,30 ± 1,15
Médias e desvios padrão do pós-testes.	3,53 ± 0,87	2,80 ± 0,78

Podemos concluir que os resultados foram satisfatórios e a ferramenta desenvolvida é útil no ensino, principalmente se levarmos em consideração o fato de que, como apontado pelos autores, os estudantes não se mostram interessados pela física.

É possível que a qualidade do material também possa influenciar na aceitação e aprendizagem. McCLEAN *et al.* (2005) é o grupo responsável pela criação das animações de alto nível com objetos tridimensionais apresentando processos celulares que podem ser

acessadas em <http://vcell.ndsu.edu/animations/> (acesso em 04/08/2009). No artigo citado, são apresentados os resultados obtidos com uma animação acerca do processo de síntese de proteínas (tradução). O estudo tinha como objetivos testar duas hipóteses: as animações facilitam o processo de ensino/aprendizagem e quanto maior a exposição às animações, melhores seriam os efeitos.

De forma abreviada, o delineamento experimental utilizado consistiu em utilizar quatro grupos (A, B, C e D) que foram submetidos a um pré-teste, intervenções e um pós-teste. Os pré- e pós-testes continham apenas quatro questões de múltipla escolha sobre o processo de tradução. Talvez possa ser criticado o fato de que foram utilizadas poucas questões nos testes, todavia, é importante ter em mente que é muito difícil um professor conseguir elaborar e aplicar um delineamento perfeito, como está sendo mostrado propositalmente nos delineamentos descritos nessa seção, tendo em vista o fato de, antes da pesquisa, suas turmas estão cursando um programa específico e a prioridade deve ser dada ao curso e não a interesses pessoais do pesquisador.

Os quatro grupos correspondiam a quatro turmas de estudantes universitários, e cada um foi submetido às seguintes intervenções:

- A (n = 14): aula acrescida de animações seguida de estudo individual delas.
- B (n = 14): estudo individual do material escrito seguida de uma aula acrescida das animações.
- C (n = 15): aula acrescida de imagens apresentadas com um projetor de transparências seguida de estudo individual das animações.

- D (n = 12): estudo individual do material em texto seguida de uma aula acrescida de imagens apresentadas com um projetor de transparências.

Sendo o material escrito o livro-texto utilizado no curso (não indicado), e as figuras projetadas, as mesmas do livro-texto. Os estudos individuais tinham duração de 25 min. Também é digno de nota o fato de que o grupo A foi o que mais se utilizou das animações.

De acordo com os autores, os resultados indicam que dentre os grupos, A obteve as melhores notas nos pós-testes, ao passo que as médias dos três grupos restantes não diferiram significativamente, sendo assim, os autores sugerem que quanto mais se estuda com o auxílio de animações, melhor é a aprendizagem, e também que esse tipo de ferramenta tem um efeito positivo no processo de ensino. Os resultados são mostrados na tabela 4.

Tabela 4. Resultados acerca de intervenções diferenciadas com quatro grupos de estudantes de Biologia de nível superior segundo McCLEAN *et al.* (2005). A animação abordava o processo de síntese de proteínas.

	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Médias dos pós testes.	3,54	2,73	2,50	2,07
Médias das diferenças entre os pós- e pré-testes.	2,54	1,50	1,20	1,67

Os resultados obtidos mostram boas evidências para se corroborar as duas hipóteses testadas e que, talvez, pode ser que os estudantes aprendam melhor com as animações do que com imagens estáticas, mas o aprendizado é acentuado quando as animações são acompanhadas das aulas e outros recursos. Deve-se ter em mente também que talvez as diferenças de pontuações sejam devidas, pelo menos em parte, ao fato de que as animações desenvolvidas são em 3D e de nível profissional.

HECKLER *et al.* (2007) também desenvolveram um sistema de hipermídia para utilização no ensino de física, tratando sobre o tema óptica. Esse sistema continha 77 animações desenvolvidas com o uso dos aplicativos *Macromedia Fireworks 4* e *Macromedia Flash 5*. O material desenvolvido foi aplicado em duas turmas de estudantes da 3ª série do ensino médio, sendo que não deixam claro se só havia essas duas turmas de 3ª série na escola, e nem oferecem uma descrição sobre a instituição, se é pública, privada e etc.

Os autores relatam que o uso do material nos computadores do laboratório de informática de sua escola despertou o interesse dos estudantes e a evidência empírica oferecida para corroborar a assertiva foi uma menor incidência de problemas relacionados à falta de disciplina em sala e atrasos em comparação com as turmas nas quais não se realizou esse tipo de atividade. Apesar de ambos os casos não terem sido contabilizados, o relato pessoal do professor acerca desses problemas é válido, pois quando ocorrem são eventos que podem afetar o rendimento do professor e a qualidade das aulas de forma bastante negativa.

A avaliação da ferramenta desenvolvida consistiu, em primeiro lugar, na aplicação de questionários de opinião, sobre se ela auxiliava na aprendizagem, se despertava o interesse e etc. De forma geral, a maioria das opiniões foi positiva, e as opiniões negativas foram vistas mais como críticas construtivas, pois, por exemplo, algumas delas sugeriram aos autores que também desenvolvessem um material escrito e impresso como forma de auxílio.

Outra forma de avaliação do material foi aquela na qual se analisa o crescimento cognitivo dos estudantes que o utilizaram em termos de comparações de notas. No caso desse estudo, os autores compararam as pontuações obtidas em duas provas sobre o tema. Os

resultados descritos são, para um mesmo grupo experimental, baseados na percentagem de questões acertadas nas provas: 48 % de acertos nas duas provas de óptica e 45 % de acertos em duas provas sobre eletricidade realizadas no bimestre anterior e sem intervenção com sistema de hiperfórmula.

Os autores também relatam que uma análise individual de cada estudante mostrou que 67 % tiveram seu desempenho melhorado (mas não dizem a partir de quanto). Mesmo assim, note que o percentual de acertos se manteve abaixo de 50 % em ambos os casos.

Uma crítica que pode ser feita ao delineamento é a de que o material e o tema comparados foram distintos, o que pode dificultar generalizações. De qualquer forma, os autores deixam claro que a ferramenta desenvolvida não é um produto acabado, o que também é o caso dos materiais desenvolvidos aqui, pois serão atualizados de tempos em tempos, baseados nas perguntas, críticas e sugestões recebidas.

Em contrapartida, um exemplo de estudo que teve delineamento experimental bem executado e também se baseou em sugestões como forma de melhorar os materiais desenvolvidos é o de DÓREA *et al.* (2007). Nesse, testou-se a eficácia de um *website*¹⁰ desenvolvido com o intuito de auxiliar o ensino de bioquímica para estudantes de nível superior da Universidade de Brasília, funcionando como ferramenta complementar às aulas presenciais e livros didáticos. De forma geral, o *website* não apresenta animações como as que serão testadas aqui, excetuando-se uma animação demonstrando a cadeia de transporte de elétrons mitocondrial (a maior parte do material animado consiste de modelos moleculares

¹⁰ http://www.bioq.unb.br/index_br.php. Acesso em 24 de Fevereiro de 2010.

tridimensionais). Também é digno de nota o fato de que a ferramenta apresenta textos curtos acerca dos temas tratados, que podem funcionar como resumos e direcionadores do estudo.

Logo, o motivo pelo qual esse estudo está sendo discutido aqui é o de reforçar o fato de que materiais complementares disponibilizados de forma gratuita pela *internet*, além de terem boa aceitação (os autores confirmaram a boa aceitação a partir de dados enviados via formulários *online*), também podem facilitar a aprendizagem.

O principal teste efetuado pelos autores consistiu em se aplicar revisões para duas provas com (grupo experimental) e sem (controle) o uso do *website*. Assim, dividiu-se uma turma de 36 estudantes em dois grupos iguais A e B, sendo que para a primeira prova, A foi o grupo experimental e B o controle, e para a segunda prova, A foi o controle e B o experimental. Os resultados são mostrados na tabela 5, onde se pode ver que as aulas de revisão com o uso do material produzido renderam resultados positivos.

Tabela 5. Pontuações obtidas em provas de bioquímica com e sem revisão auxiliada por material disponível em um *website*. De acordo com DÓREA *et al.* (2007).

	Prova 1	Prova 2
Grupo A	Revisão com <i>website</i>	Revisão sem <i>website</i>
	7,13 ± 1,59	4,37 ± 1,91
Grupo B	Revisão sem <i>website</i>	Revisão com <i>website</i>
	3,38 ± 1,82	8,06 ± 1,95

Aparentemente, tendo em vista o fato de lidar com conceitos muito abstratos para os estudantes, estudos com materiais de hipermídia abordando temas atinentes à bioquímica e biologia celular parecem obter resultados melhores que aqueles abordando, por exemplo, temas em física.

Mais um exemplo é o estudo de KANAMURA (2008), no qual se testou a eficiência de uma apresentação desenvolvida em *Flash*¹¹ sobre conceitos básicos em neurofisiologia. O autor comparou o desempenho em notas (questionários contendo nove itens) de estudantes de nível médio de uma escola particular ao longo de quatro anos, sendo que no primeiro, 2003, não se utilizou a ferramenta desenvolvida, sendo, portanto, o grupo controle (ensino via métodos tradicionais). Além disso, também se comparou o desempenho dos estudantes em neurofisiologia com o restante das matérias de biologia, estas aprendidas através de métodos tradicionais. Os resultados estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Resultados obtidos com (anos de 2004 – 2006) e sem (2003) a utilização da apresentação em *Flash* sobre neurofisiologia. O termo “restante” se refere ao restante das matérias de biologia. De acordo com KANAMURA (2008).

Ano	Assunto	n	Média ± Desvio padrão
2003	Neurofisiologia	236	5,02 ± 0,09
	Restante	236	6,19 ± 0,06
2004	Neurofisiologia	215	5,83 ± 0,10
	Restante	215	4,37 ± 0,08
2005	Neurofisiologia	216	6,64 ± 0,12
	Restante	216	5,98 ± 0,09
2006	Neurofisiologia	213	5,53 ± 0,11
	Restante	213	5,53 ± 0,08

Pode-se perceber que houve melhoria em 2004 e 2005. Porém, no caso do ano de 2006, é difícil dizer se o fato das médias terem sido iguais pode se dever à melhoria no ensino das matérias restantes de biologia, talvez devido ao aumento da experiência do docente, ou se no caso dessa turma, a animação não foi realmente capaz de superar os métodos de ensino tradicionais. Ou seja: confirma-se a afirmação de que, pelo menos até onde é sabido, não se pode afirmar com certeza se as animações sempre são superiores às imagens como ferramentas no ensino.

¹¹ Disponível em: <http://www.ib.usp.br/~gfxavier/scripts/download.php?id=1&idav=238>

Outro bom exemplo de delineamento experimental bem executado é o estudo realizado por O'DAY (2007). Neste caso o autor testou a eficácia de vídeos curtos (animações) no ensino de Biologia com uma amostra de 213 estudantes canadenses cursando as disciplinas de Biologia celular avançada e desenvolvimento humano da Universidade de Toronto.

De acordo com este estudo, além de corroborar a eficiência das animações no processo de ensino o autor também teve como um de seus objetivos principais a análise da retenção da informação 21 dias após a intervenção, com vídeos ou figuras. Os principais assuntos abordados no estudo foram: o processo de apoptose e a absorção do colesterol pelas células, sendo que neste segundo caso, o vídeo não era narrado.

Para cada um dos temas, após um estudo inicial, os estudantes passaram por intervenções com as figuras ou com os vídeos, seguido de um questionário de avaliação consistindo de questões sobre definições de termos e ordem e localização de eventos. É importante ressaltar que os alunos puderam consultar o material mais de uma vez. Os resultados estão resumidos na tabela 7.

Tabela 7. Médias de acertos nos questionários logo após a intervenção e depois de 21 dias. O vídeo a respeito da captação do colesterol não era narrado. Segundo O'DAY (2007).

Tema analisado	Média de acertos no 1º questionário	Média de acertos no questionário aplicado 21 dias depois.
Apoptose com figuras.	58,1 %	35,8 %
Apoptose com vídeo.	77,9 %	43,0 %
Colesterol com figuras.	80,6 %	50,0 %
Colesterol com vídeo.	75,0 %	63,1 %

Percebe-se que mesmo com o vídeo sem narração, a retenção das informações foi superior àquela com a intervenção utilizando figuras, apesar de o percentual inicial de acertos ter sido menor.

Esses dados foram comparados à chamada curva de esquecimento de Hermann Ebbinghaus, cuja previsão é a de que após 1 semana só se retém 25 % do que foi aprendido, e após 2-4 semanas, retém-se 21 % (cf. também TULVING & CRAIK, 2000). A tabela 8 resume o percentual indicador de melhoria nos valores esperados.

Tabela 8. Percentuais indicando quanto mais informações foram retidas pelos estudantes, em comparação com a curva de esquecimento de Ebbinghaus. Segundo O'DAY (2007).

Tema analisado	Percentual de retenção acima do esperado.
Apoptose com figuras.	60 % a mais.
Apoptose com vídeo.	204 % a mais.
Colesterol com figuras.	200 % a mais.
Colesterol com vídeo.	300 % a mais.

Assim como nos outros trabalhos mencionados anteriormente, a análise dos dados foi predominantemente quantitativa, sendo a pontuação obtida nos questionários o principal indicador utilizado no estudo. De qualquer forma, foi feita também uma pesquisa de opinião na qual se perguntou aos alunos se eles acharam que a intervenção foi uma experiência útil. 80,9 % responderam que sim, 12,0 % responderam não, ao passo que 7,4 % não opinaram. Também lhes foi pedido que oferecessem comentários. Aparentemente o autor utilizou essas informações com o intuito de compará-las com opiniões de um estudo semelhante realizado anteriormente, e concluiu que as opiniões dos estudantes foram, essencialmente, as mesmas.

Outro ponto importante (e destacado pelo autor) é que alguns dos comentários dos alunos ofereceram sugestões interessantes, como por exemplo, um deles sugeriu que se

fizessem exercícios de fixação durante o próprio vídeo (poder-se-ia testar então a eficácia de um vídeo com exercícios intercalados, ao invés de se fazer um questionário ao final, ou até mesmo quanto um exercício intercalado é capaz de facilitar o aprendizado e retenção de informações). Além disso, alguns comentários relevantes indicam que os vídeos consistem em um recurso extremamente valioso para que se possa estudar mesmo quando se está doente ou cansado, situação deveras comum nos finais de anos letivos e em escolas ditas “conteudistas”, e que os alunos apreciam bastante a idéia de que os vídeos já lhes mostram aquilo mesmo que eles deveriam investir tempo e energia tentando imaginar. Apesar de que, sobre esse último ponto é importante ter em mente as ressalvas já feitas acerca de uma possível interpretação/assimilação insuficiente das informações apresentadas nos vídeos.

Outra ressalva importante acerca desse último estudo é a de que os bons resultados foram obtidos com o uso de animações 2D, podendo significar que os estudantes conseguem abstrair as relações espaciais que são mais bem mostradas com animações 3D. Além disso, uma das animações, sobre a absorção do colesterol, feita com o *Powerpoint* e transformada em vídeo com o *Camtasia Studio*, é simples e em princípio pode-se desenvolver animações do mesmo nível (e espera-se: tão eficazes) com relativa facilidade. Pode-se fazer o *download* dessa animação no endereço: <http://www.utm.utoronto.ca/~w3bio380/anib.htm> (acesso em 11/08/2009).

Enfim, dois comentários que podem ser feitos sobre os estudos aqui exemplificados são os seguintes:

1. Ainda não se pode afirmar com certeza se as ferramentas de hipermídia (inclusive as animações) sempre contribuem para o processo de ensino/aprendizagem, inclusive porque a literatura parece oferecer resultados conflitantes no que diz respeito a isso, sendo, portanto, necessário que se realizem mais testes, e ainda mais importante, que haja mais pesquisas no sentido de melhor embasar os referenciais teóricos acerca dos processos cognitivos envolvidos na assimilação das informações quando se utiliza esse tipo de recurso.
2. A maioria dos testes, especialmente os estudos de McCLEAN (2005) e O'DAY (2007) que obtiveram resultados positivos com animações, apesar de terem como tema a biologia celular e molecular, foram efetuados com estudantes universitários de instituições estrangeiras, cujo contexto é distinto daquele dos estudantes de ensino médio das escolas brasileiras. Portanto, é difícil generalizar os dados obtidos.

2.4. CONCLUINDO: É NECESSÁRIO UTILIZAR ANIMAÇÕES NO ENSINO?

No que diz respeito a uma possível necessidade de se utilizar animações, além dos resultados que não nos permitem chegar a uma conclusão definitiva, BOORADY & HAWLEY (2008) relatam um exemplo no qual um estudo com adultos mostrou que eles conseguem visualizar aquilo que está sendo descrito no texto mesmo sem o auxílio de imagens. Sendo assim, a justificativa para a utilização pode ser a de que as animações auxiliem e facilitem a aprendizagem em alguns casos, e isso por sua vez é necessário em um contexto no qual somos submetidos a uma avalanche de informações.

Também devemos levar em consideração que o professor deve respeitar as diferenças entre os estudantes no que diz respeito ao desenvolvimento cognitivo e às formas com as quais eles podem ter mais facilidade para assimilar informações. Em outras palavras, formas distintas de ferramentas e estratégias de ensino podem estimular mais ou menos cada estudante, de acordo com suas preferências pessoais. Ademais, como vários professores já são familiarizados com o *Powerpoint*, não seria difícil que eles mesmos desenvolvessem animações com esse programa e após converterem-nas em vídeo com o *Camtasia Studio*, disponibilizassem esses materiais para que seus estudantes ou quem mais tiver interesse possam utilizar.

No que diz respeito à forma como um professor pode se auto-avaliar, refletir se o seu material está tendo uma boa aceitação por parte dos estudantes, no caso do *Youtube*, pode-se ter uma idéia a partir do número de visitas que um vídeo recebe (apesar de que, infelizmente, às vezes ocorre erro no servidor e várias visitas não são contabilizadas¹²), dos comentários postados sobre ele, das avaliações recebidas e de alguns dados estatísticos oferecidos pelo próprio *website*, que inclusive mostra quais porções dos vídeos são mais vistas (ferramenta *insight*, a ser comentada adiante).

É importante lembrar que o desenvolvimento de animações é feito por uma comunidade bastante diversa: desenvolvedores de propagandas do tipo *pop-up* comuns na *internet*, profissionais de educação física que estudam os movimentos dos atletas de elite, professores e etc. Frequentemente, profissionais de áreas distintas entram em contato e somam seus conhecimentos como desenvolvedores a fim de criar novas formas de produzir.

¹² <http://www.google.com/support/forum/p/youtube/thread?tid=0c468db3a50df7cd&hl=pt-BR>. Acesso em 29 de Novembro de 2009.

Pode ser possível aprender muito com os profissionais da área do entretenimento, no intuito de fazer com que as animações destinadas ao ensino possam ser mais chamativas e agradáveis de ver. Outro ponto importante é que tipos de mídias distintos e/ou novidades, costumam entrar em relações de co-existência ao invés de simplesmente haver a substituição de uma pela outra (WARD, 2006).

Logo, pode-se concluir que é necessário buscar idéias de vários campos e aliar ferramentas diversas no desenvolvimento desse tipo de ferramenta. Apesar de a idéia inicial deste projeto ter sido a de desenvolver materiais basicamente apenas com o uso do *Flash*, rapidamente as circunstâncias forçaram a adoção de uma estratégia distinta e técnicas diferentes: animações produzidas primariamente com o *Powerpoint* e convertidas em vídeo com o *Camtasia Studio*. O *Powerpoint*, além de permitir o desenvolvimento de animações de forma mais rápida, pode, até certo ponto, imitar as animações produzidas com o *Flash*. Este possui mais recursos e permite desenvolver animações de alta qualidade, em contrapartida, é um aplicativo mais difícil de dominar, requerendo muitas horas de estudo e possivelmente gasto financeiro com cursos. E como vimos nessa seção, animações desenvolvidas com o *Powerpoint* podem contribuir bastante com o processo de ensino/aprendizagem.

3. METODOLOGIA

3.1. ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS

3.1.1. APLICATIVOS UTILIZADOS

Um dos objetivos dessa pesquisa foi a de oferecer uma avaliação pessoal sobre a viabilidade de um professor buscar aprender por conta própria a produzir animações e vídeos. Como vários produtos dessa natureza são animações vetoriais desenvolvidas com o *Macromedia Flash*, sobretudo no caso dos CD- e DVD-ROMs que acompanham certos livros didáticos, os materiais iniciais foram feitos com esse aplicativo. Porém, o resultado da experiência não foi satisfatório, devido à complexidade do desenvolvimento em *Flash*, inclusive porque requer o conhecimento da linguagem de programação *ActionScript*, e em decorrência disso, o tempo investido para se finalizar cada material era longo. O problema é que cada um deles deveria ser preparado rapidamente, para que pudesse ser utilizado pelos estudantes quando ainda estivessem vendo os respectivos temas em sala de aula e para que eles pudessem se utilizar deles a fim de estudar para as avaliações realizadas no decorrer dos bimestres.

Tendo em vista essa dificuldade e sabendo que O'DAY (2007) já havia obtido bons resultados desenvolvendo animações com o *Powerpoint*, aplicativo que em relação ao *Flash* é bem mais fácil de dominar, os materiais então passaram a ser produzidos da forma como sugerida por O'DAY (2006): apresentações do *Powerpoint* convertidas em vídeos com o

Camtasia Studio. Destaco que também foi necessário utilizar o *Flash* com o intuito de se criar *gifs* animados e outras figuras, com o auxílio de uma mesa digitalizadora Trust TB-2100¹³. Os vídeos produzidos podem ser acessados em <http://www.youtube.com/maxaug>.

As principais fontes de informações sobre o uso dos aplicativos mencionados consistiram de buscas por tutoriais na *internet* (comumente em língua inglesa), os artigos de HEYDEN (2004) e O'DAY (2006) e livros específicos (BOZARTH, 2008; PERRY, 2006; REINHARDT & LOTT, 2006; RUTLEDGE *et al.*, 2007).

3.1.2. FONTES DE INFORMAÇÕES SOBRE OS TEMAS ABORDADOS

Todas as animações e vídeos produzidos trataram de tópicos da Biologia celular e molecular. Como fontes de consulta foram utilizados primariamente livros didáticos de nível superior sobre o tema, indicados nas referências das próprias apresentações em *Powerpoint* e seus respectivos vídeos. Tendo em vista o fato de que pude contar com várias obras de qualidade disponíveis, preferi não utilizar *websites* como fonte de informações, exceto quando se tratava de um *website* referente a um livro didático.

Sobre o nível de detalhamento dos assuntos abordados, foi alto, a idéia foi tentar abordar na mesma profundidade com que livros de biologia de nível médio, de coleções, como as de Amabis & Martho e Sônia Lopes abordam. É importante destacar que a escola onde leciono não cobra esses assuntos nesse mesmo nível de detalhes.

¹³ <http://www.trust.com/products/product.aspx?artnr=12052>. Acesso em 18/09/2010.

3.1.3. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Além de buscar informações e modelos mais confiáveis acerca dos processos celulares em obras de nível superior, de forma a prover os estudantes de informações as mais corretas possíveis, também foi necessário utilizar e preparar os materiais baseado em um referencial teórico que, espera-se, fosse capaz de facilitar a aprendizagem.

Sendo assim, as apresentações foram desenvolvidas levando em consideração as principais propostas aplicáveis ao ensino sugeridas pelo psiquiatra norte-americano David Ausubel que dedicou boa parte de sua carreira ao estudo da psicologia educacional e sem dúvidas é um dos teóricos mais importantes nesse âmbito. Segue um resumo breve acerca da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel baseado nas descrições de MOREIRA (1999a, 1999b, 2000, 2006,) e PELIZZARI *et al.* (2001).

Uma das propostas mais relevantes de Ausubel para o ensino é a de que o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, em outras palavras, as chamadas estruturas cognitivas prévias. Na medida em que o aluno vai aprendendo novas informações, elas devem ser ministradas de forma que possam estar claras e passíveis de serem acomodadas ou “ancoradas” pelas estruturas cognitivas que o estudante já possui (figura 4). Além disso, o processo de ensino também pode modificar os atributos das estruturas cognitivas já existentes. Uma aprendizagem baseada nesses princípios é que pode se dar de forma significativa (inclusive mesmo que os conceitos aprendidos sejam considerados errados dentro de um contexto, como a comunidade acadêmica e os professores).

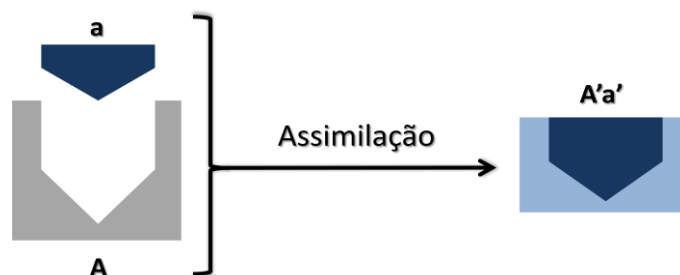


Figura 4. A figura representa uma nova informação e uma estrutura cognitiva com o uso de figuras geométricas. De acordo com as propostas de Ausubel, para que uma nova informação (**a**), seja aprendida de forma significativa, é importante que possa ser assimilada ou “ancorada” por uma estrutura cognitiva prévia (**A**). Esse processo de assimilação promove a modificação de ambos (em **a'** e **A'**). Baseada em MOREIRA (1999a).

Tendo isso em vista, podemos dizer que aprendizagem significativa é o processo pelo qual novas informações são relacionadas com aspectos relevantes das estruturas cognitivas do indivíduo. As novas informações devem interagir com estruturas cognitivas pré-existentes específicas, que abrigam os chamados conceitos subsunçores (ou simplesmente subsunçores) que por sua vez irão permitir a ancoragem das novas informações. De acordo com MOREIRA (1999a e 1999b), o termo utilizado por Ausubel é *subsumer*, sem um equivalente claro na língua portuguesa. Entretanto, aparentemente o termo é utilizado no meio jurídico¹⁴:

Subsunção: s. f. ação ou efeito de subsumir; colocação de uma idéia particular sob a dependência de uma idéia geral.

Ocorre que quanto mais determinadas estruturas cognitivas vão sendo requeridas como subsunçoras, mais elas se desenvolvem, ou seja, a ancoragem de novas informações leva ao crescimento, modificação e melhor elaboração dos conceitos subsunçores. Esta proposta pode inclusive ser muito bem aplicada aos currículos em espirais propostos por outro teórico, Jerome Bruner (BRUNER, 1978).

¹⁴ <http://direitovespertino.wordpress.com/2007/10/19/vocabulario/>. Acesso em 03 de Setembro de 2009.

É importante lembrar: mesmo que a aprendizagem esteja se dando por pura recepção por parte dos estudantes, como nos casos nos quais o professor só entrega a chamada “*ciência pronta e acabada*”, também pode ocorrer aprendizagem significativa, desde que essas novas informações também possam ser ancoradas aos seus respectivos conceitos subsunçores (talvez essa seja uma forma de ensino ainda bastante comum).

Dá-se o nome de aprendizagem mecânica ao processo oposto à aprendizagem significativa: nesse caso, as novas informações são retidas de forma arbitrária, sem que haja interação/ancoragem com estruturas cognitivas prévias abrigando conceitos subsunçores. De forma geral, a aprendizagem mecânica ocorre associada à significativa.

A forma de aprendizagem preferida deve ser a significativa, porém, uma das condições para que ela ocorra é a de que o material novo a ser aprendido possa se relacionar ou ser incorporado à estrutura cognitiva do estudante de forma não arbitrária/mecânica, ou seja, o material deve ser potencialmente significativo. Além disso, o estudante deve buscar aprender o conteúdo de forma não arbitrária, em outras palavras, tentar entender os princípios, e não apenas decorar.

Uma questão pertinente a se fazer nesse ponto é: e quando o estudante não possui os conceitos subsunçores? Nesse caso a aprendizagem deve ser necessariamente mecânica, e os novos conceitos adquiridos aos poucos vão se desenvolvendo em conceitos subsunçores mais elaborados. No que diz respeito às crianças ainda muito jovens, a formação de conceitos se dá via generalizações a partir de casos específicos.

De acordo com Ausubel, quando há interação entre um novo material a ser aprendido e uma ou mais estruturas subsunçoras, ocorre a assimilação de significados novos e antigos e isso contribui para a diferenciação da estrutura cognitiva como um todo. Durante o processo de assimilação, inicialmente há a ancoragem de uma nova informação “a” por uma estrutura subsunçora “A”, de forma que ambas interagem e acabam modificadas em a’ e A’, constituindo um produto interacional A’a’ (figuras 4 e 5). Por exemplo, se um indivíduo já possui o conceito de “animal” bem estabelecido, ao adquirir um conceito novo e mais específico como “uma esponja é um animal, pois durante seu desenvolvimento passa por uma etapa de blástula”, o novo conceito de animal (um produto interacional) será mais inclusivo.

Seguindo essa interação inicial há uma fase de retenção, na qual tanto o subsunçor modificado A’ quanto a nova informação a’ ainda podem ser dissociados (figura 5). Mas o processo de assimilação prossegue e o significado das novas informações tende a ser reduzido ao longo da assimilação pelos significados mais estáveis dos conceitos já estabelecidos: o esquecimento. Isso ocorre porque é mais “econômico” reter apenas os conceitos mais gerais e estáveis. Ao final do processo, sobra apenas um resíduo daquela nova informação adquirida, sendo o produto interacional A’a’ reduzido a A’.

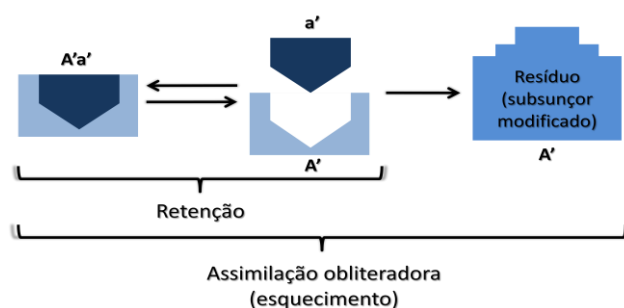


Figura 5. Inicialmente, A’ e a’ podem se dissociar, mas ao longo do tempo ambos tornam-se cada vez menos dissociáveis e se passam a ser apenas A’, um novo subsunçor modificado contendo resíduos de a’. Baseada em MOREIRA (1999a).

Com o intuito de facilitar a aprendizagem significativa, pode-se utilizar os chamados organizadores prévios: materiais introdutórios apresentados antes do tópico a ser aprendido com o intuito de facilitar sua assimilação. A função dos Organizadores prévios é a de servir de ponte cognitiva entre o que o estudante já sabe e o que ele deve saber, facilitando a aprendizagem cognitiva e também podendo levar ao desenvolvimento de novos conceitos subsunçores. Um bom exemplo de organizador prévio seriam analogias feitas antes de se começar um assunto¹⁵. Citando um exemplo pessoal, em minhas aulas e também em um dos vídeos produzidos, procuro fazer uma analogia entre a membrana plasmática das células e o muro ou cerca de uma escola ou presídio e os resultados têm sido bons (em termos de pontuações em avaliações).

Logo, acredita-se que o uso dos organizadores prévios pode ser de grande auxílio no processo de ensino/aprendizagem. Por exemplo, SHIHUSA & KERARO (2009) relatam que o uso de organizadores prévios no ensino de biologia, mais especificamente sobre a poluição, foi capaz de melhorar as notas dos estudantes e deixá-los mais motivados a aprender ciências.

Para se averiguar se houve aprendizagem significativa em uma prova, pode-se formular as questões enunciadas de maneira não rotineira e em outros contextos, de modo a exigir que os estudantes transformem o conhecimento adquirido via aprendizagem significativa. O problema é que essas são justamente as chamadas questões “muito difíceis”, as quais os estudantes infelizmente costumam errar, especialmente no caso de não terem os conceitos subsunçores para entender o que está sendo perguntado. Um dos testes realizados, a ser descrito posteriormente, consistiu justamente em se testar a eficácia de uma animação

¹⁵ Pode-se utilizar analogias, metáforas e modelos como organizadores prévios (cf. NOVAK, 1980).

sobre a síntese protéica no que diz respeito à promoção e facilitação da aprendizagem significativa.

Enfim, a idéia desta seção foi a de apresentar uma visão geral e breve acerca da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, tendo em vista sua importância e o fato de que seus princípios foram utilizados na elaboração dos materiais desenvolvidos nesta pesquisa.

3.1.4. O USO DE ANALOGIAS

Como já mencionado, as analogias e metáforas podem ser utilizadas como organizadores prévios e facilitar o processo de ensino/aprendizagem. Em vista disso, procurou-se, quando possível, utilizar analogias como organizadores prévios nos materiais desenvolvidos (são mostrados dois exemplos na figura 6).

Podemos definir uma analogia como sendo um tipo de comparação entre aspectos de dois domínios distintos, capaz de aproximá-los. Um desses domínios é pouco conhecido, mas a idéia é torná-lo mais compreensível graças às similaridades que possui com outro, distinto e mais conhecido: o domínio análogo (FERRAZ & TERRAZZAN, 2002; HOFFMANN & SCHEID, 2007). Na figura 7 podemos ver uma representação conceitual de uma analogia.

FERRAZ & TERRAZZAN (2002) e HOFFMANN & SCHEID (2007) também nos informam que somos predispostos a pensar de forma analógica, sendo assim, é comum que os professores utilizem analogias em suas aulas de forma espontânea, normalmente sem planejamento prévio, na base do improviso e criatividade. Ambos os estudos apontam que o

uso das analogias pode ser benéfico no ensino, inclusive porque vários professores recorrem a elas justamente quando os estudantes não compreendem certos tópicos ou os consideram muito difíceis.

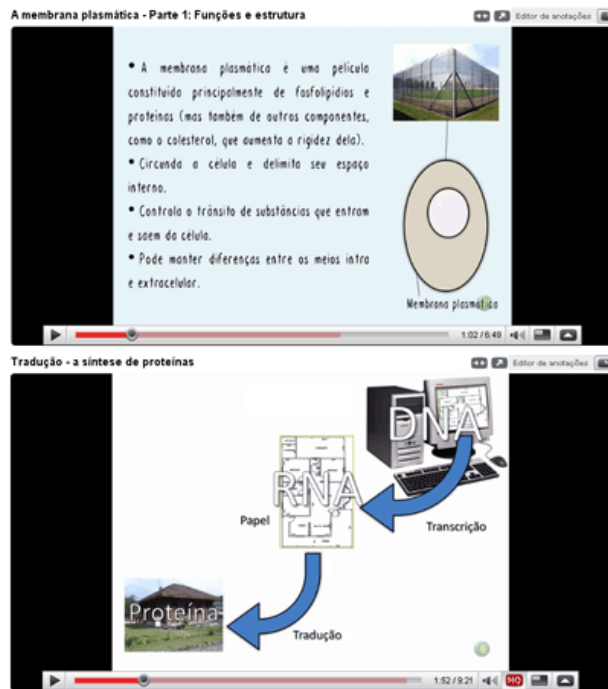


Figura 6. Exemplos de analogias utilizadas como organizadores prévios em duas das apresentações desenvolvidas. Em cima, tela do vídeo sobre a membrana plasmática (parte 1), no qual ela é comparada à cerca de um presídio ou de uma escola. Em baixo, tela mostrando as analogias feitas entre os ácidos nucléicos e proteínas, carreadores das informações biológicas, e a planta de uma casa e a própria casa.

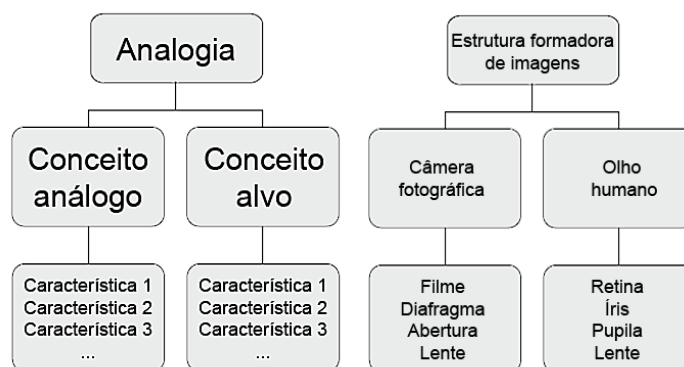


Figura 7. Na esquerda, representação de uma analogia e suas partes constituintes. Na direita, exemplo de uma representação do mesmo tipo, comparando o olho humano a uma câmera fotográfica. De acordo com GLYNN (2008).

Apesar das vantagens, devem-se ter alguns cuidados com o uso das analogias, principalmente no que diz respeito ao fato de ser necessário que o professor confira se os estudantes realmente foram capazes de compreendê-las. Inclusive, de acordo com GLYNN (2008. p. 115):

As analogias utilizadas nas salas de aula, livros didáticos e instrução pela internet deveriam ser desenvolvidas para promover a elaboração, o processo cognitivo de construir relações entre o que já se sabe e o que é novo.

Para GLYNN (2008), o processo de elaboração é essencial dentro de uma perspectiva construtivista, tendo em vista o fato de que é esperado que inicialmente se ensine na infância conceitos complexos para os estudantes na forma de analogias familiares (ex: fábrica), que serviriam como representações e modelos mentais iniciais capazes de facilitar a aprendizagem posterior dos conceitos alvos mais complexos (ex: célula).

Tendo em vista a utilidade das analogias e o fato de que elas podem dificultar o processo de ensino/aprendizagem caso não sejam bem compreendidas, pode-se minimizar os efeitos negativos ao se utilizar o método *Teaching With Analogies – TWA*¹⁶, que sugere uma seqüência de passos a serem seguidos. O que é mais importante destacar sobre o TWA é o fato da importância do professor identificar onde a analogia falha ou não tem correspondência com o domínio alvo, de forma a prevenir que os estudantes venham a adquirir concepções errôneas. Como exemplo pessoal, posso dizer que há muito tempo abandonei o uso da fábrica como análoga da célula por não ter obtido bons resultados, pois a maioria dos estudantes nunca esteve em uma fábrica nem tiveram curiosidade em saber qual é a estrutura de uma. Em

¹⁶ Para mais informações sobre o método, consultar, por exemplo, HOFFMAN & SCHEID (2007).

contrapartida, comparar, pelo menos em parte, a célula com a escola tem rendido resultados mais satisfatórios.

No que diz respeito ao desenvolvimento e uso de ferramentas para o ensino via *internet*, um problema a ser resolvido é justamente o de como fazer as correções necessárias com os estudantes, saber se eles efetivamente compreenderam a analogia e como identificar os pontos nos quais a analogia não corresponde ao domínio alvo (GLYNN, 2007; 2008). Caso o professor utilize o material online como complemento às suas aulas presenciais, podem-se corrigir os erros e esclarecer os questionamentos em sala de aula. Porém, como já mencionado, a sala de aula e um professor presenciais não são estritamente necessários, tendo em vista o fato de, mesmo que apenas na *internet*, como no *website Youtube*, há formulários onde os professores e estudantes podem interagir, e um campo de descrição do vídeo, onde o professor pode fazer as ressalvas necessárias.

3.1.5. DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS DESENVOLVIDOS

No decorrer do ano letivo de 2009 foram desenvolvidos alguns materiais, sendo descritos nessa seção somente aqueles utilizados nos testes quantitativos:

Na^+/K^+ ATPase (figura 8): nesse caso, o material desenvolvido consistiu em uma animação em *Flash* na qual se utilizou apenas as ferramentas de desenho do aplicativo a fim de se criar uma representação de um dos modelos mais comumente vistos nos livros didáticos acerca do funcionamento da proteína (é o modelo utilizado no livro didático utilizado na escola, mostrado na figura 13). Note que essa representação, pelo menos em princípio não tem

o intuito de mostrar de forma fidedigna a estrutura tridimensional da proteína. Entretanto, são enfatizadas as mudanças de conformação sofridas e o papel do ATP. A parte referente às analogias como organizadores prévios foram executadas em sala de aula com o uso de exemplos simples, sobre números de estudantes dentro de uma sala lotada e a energia que teria de ser empregada por outro para acomodar ainda mais indivíduos nesse recinto.

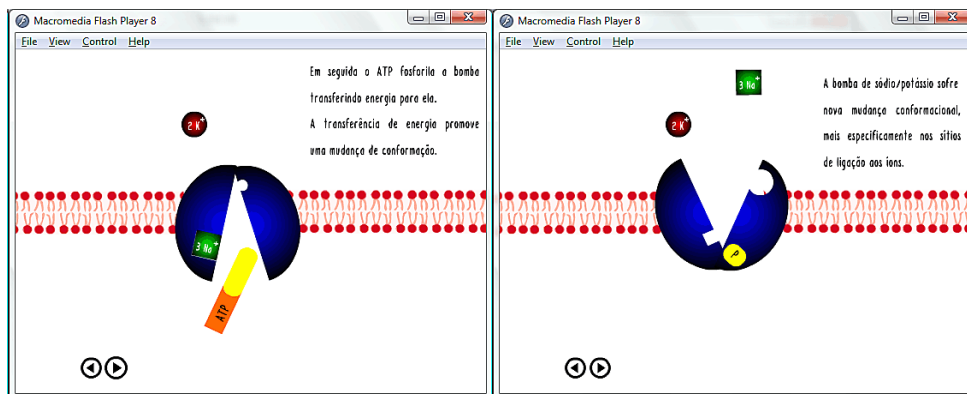


Figura 8. Telas mostrando porções da animação sobre o funcionamento da bomba de sódio e potássio. Note que as porções de texto são breves e pode se notar as diferenças nos sítios de ligação aos íons devidas às mudanças conformacionais.

Via secretória (figura 9): foi produzida uma apresentação com o *Powerpoint* e algumas figuras obtidas via *internet* cujos objetivos eram os de mostrar todo o processo pelo qual uma proteína sintetizada no retículo endoplasmático granular tem de passar até chegar ao seu destino, como se dá, de forma simplificada, a fusão de estruturas membranosas, e por também, as funções do retículo endoplasmático (com foco no granular), complexo de golgi e lisossomos. Como o material foi disponibilizado via *internet*, a parte referente ao uso de analogias e teoria da aprendizagem significativa consistiu em comparar parcialmente, com as devidas ressalvas, as proteínas produzidas com carros preparados para provas de automobilismo¹⁷.

¹⁷ É importante destacar que não se transmite a idéia de que o carro preparado seria melhor, mas sim apenas serve a um propósito distinto.

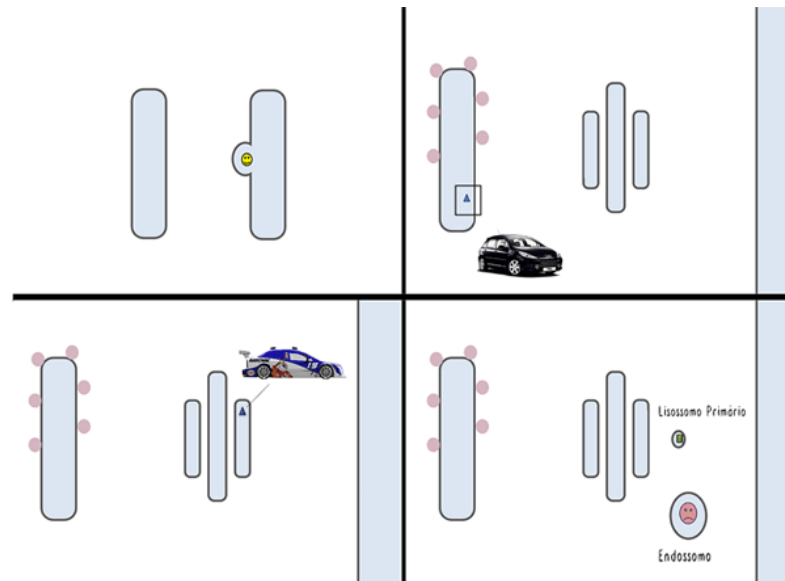


Figura 9. Telas mostrando porções do material acerca da via secretória. Foi feita uma analogia entre a modificação química de proteínas efetuada pelos retículo endoplasmático granular e complexo de Golgi com modificações em carros preparados para provas de automobilismo.

Respiração celular (figura 10): nesse caso, produziu-se uma apresentação extensa com o *Powerpoint* e algumas figuras obtidas via *internet*, tendo em vista o fato de que o tema tratado é bastante complexo tanto em termos de mecanismos e processos quanto em termos de conceitos. Assim, procurou-se prover uma definição de energia, e exemplificar para que uma célula precisa dela. Todo o processo foi descrito tendo como foco a molécula de glicose e dentre as analogias utilizadas fez-se uma comparação dos elétrons de alta energia e as substâncias aceptoras, como o NAD^+ , com o jogo de *baseball*, no qual a bola também é arremessada com bastante energia e pode ser captada por outro jogador.

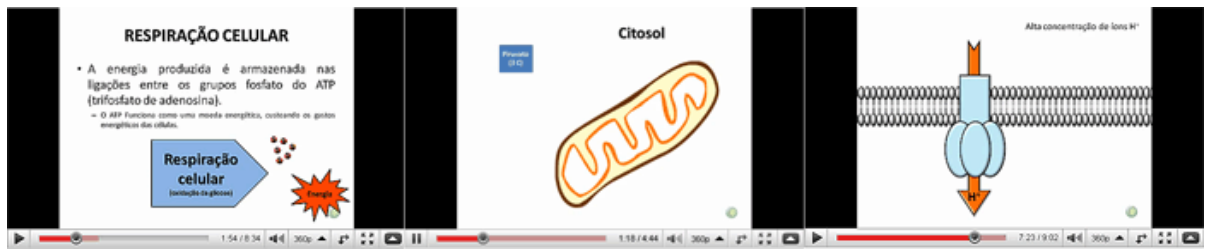


Figura 10. Telas mostrando porções do material desenvolvido sobre o processo de respiração celular. Investiu-se parte do tempo com o intuito de oferecer uma definição de energia antes de adentrar o tema em si. Esse material só foi disponibilizado no *Youtube* posteriormente, após a realização dos testes.

Síntese de proteínas (figura 11): assim como os dois materiais anteriores, esse também foi produzido com o uso do *Powerpoint*. A idéia primordial era a de representar como se dá a leitura de uma molécula de mRNA pelo ribossomo e a formação de uma cadeia polipeptídica a partir das ligações entre os aminoácidos. Ademais, tentou-se transmitir os conceitos de códons e como eles especificam os aminoácidos. As analogias utilizadas consistiram em se comparar o armazenamento de informações em um disco rígido de computador com o DNA, armazenador das informações biológicas.

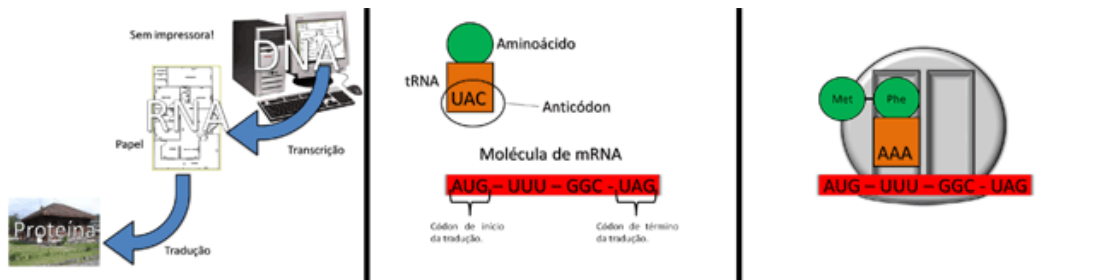


Figura 11. Telas mostrando porções do material desenvolvido sobre a síntese de proteínas. Fizeram-se analogias entre o disco rígido de um computador e o DNA e procurou-se mostrar uma representação de como o ribossomo age percorrendo o mRNA e do crescimento da cadeia polipeptídica.

3.2. DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

Tendo em vista que alguns trabalhos técnicos sobre a eficácia das animações no ensino obtiveram resultados positivos, estando de acordo com a hipótese proposta, foram elaborados

testes a fim de se analisar o quão eficientes elas seriam dentro do contexto atinente a esse trabalho. Esperava-se que os resultados dos testes mostrassem relações de causa e efeito. Deste modo, foram provocadas experiências/intervenções, as causas, que consistiram no contato com as animações, e a partir daí esperava-se observar certos efeitos, para finalmente poder concluir algo, ou pelo menos estabelecer uma espécie de correlação entre a causa (intervenções) e os efeitos (dados).

É importante lembrar que nem sempre as correlações entre causa e efeito são lineares, talvez devido ao fato de que muitas variáveis não estão sob controle do pesquisador. Por exemplo, um estudante pode ter dificuldades na escola mais em função de problemas familiares ou desinteresse nas matérias do que devido ao método de ensino e tipo de conteúdo.

No que diz respeito às amostras a serem testadas, é preferível que sejam aleatórias, pois, por exemplo, de nada adianta escolher um grupo de estudantes que normalmente tiram notas boas e são interessados em estudar, visto que com ou sem a intervenção utilizando os materiais desenvolvidos eles provavelmente se sairiam bem nos testes, dificultando a análise dos resultados. Porém, no contexto onde foi realizada a pesquisa é difícil conseguir uma amostra aleatória de estudantes. Dentre os vários motivos, como professor subordinado, não foi possível modificar o programa da escola com vistas a facilitar a pesquisa. Também não se pode obrigar os estudantes a participar das atividades e comumente (infelizmente) eles não se dispõem a se oferecer como voluntários. Aliás, normalmente, aqueles que se oferecem como voluntários são justamente os melhores estudantes em termos de notas e comportamento, então não constituem uma boa amostra aleatória e representativa da população.

Logo, preferiu-se utilizar como fonte primária de dados algumas questões das avaliações de Biologia, e, como observador, tentar perceber os comentários e opiniões dos estudantes acerca dos materiais. Também foi possível, em uma semana ainda no começo do ano, aplicar um questionário de pesquisa com os estudantes referente à animação que trata do funcionamento da Na^+/K^+ ATPase.

Como os dados consistiram principalmente em questões valendo pontos, o tipo de análise foi predominantemente quantitativa, então se preferiu tentar executar testes que se aproximassem ao máximo do delineamento que LAVILLE & DIONNE (2007) denominam pesquisa experimental (figura 12). Apesar de haver várias modalidades de pesquisa em ciências humanas, a pesquisa experimental é um método interessante talvez por ser mais próximo aos das ciências exatas e por buscar demonstrar uma relação de causa e efeito entre duas variáveis. O pesquisador atua sobre a variável independente (causa) e em seguida, mede os efeitos dessa atuação na variável dependente.

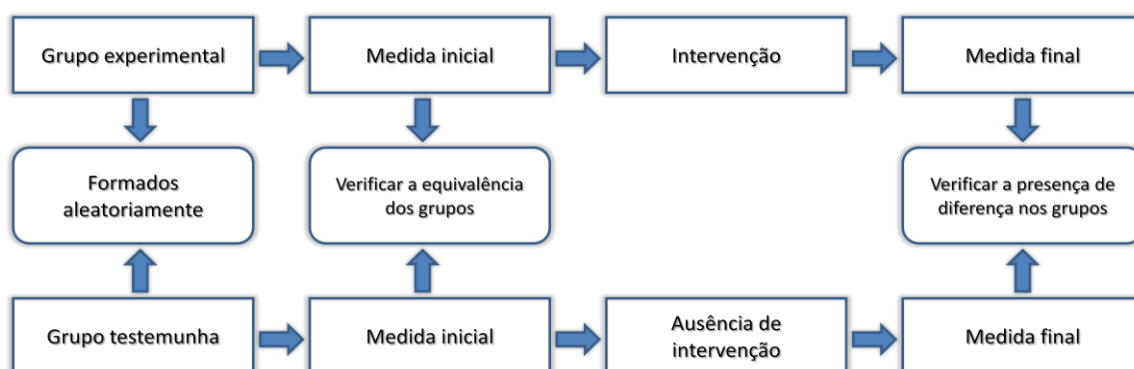


Figura 12. Esquema demonstrando o delineamento de uma pesquisa experimental. De acordo com LAVILLE & DIONNE (2007). Neste trabalho, foi utilizado o termo “grupo controle”, mais conhecido da área experimental, em detrimento do termo “grupo testemunha”.

Infelizmente, devido às dificuldades em se lidar com pessoas, nem sempre é possível utilizar um grupo controle de forma adequada, então às vezes pode ser viável considerar como

controle, a situação do próprio grupo experimental antes da intervenção. Também é importante ressaltar outro problema prático sério que advém daí e diz respeito às prováveis questões éticas envolvidas na escolha desses grupos. É correto escolher um grupo de estudantes para sofrer intervenção, e, espera-se, obter um melhor rendimento em detrimento de outro grupo? Caso os membros fossem voluntários, não haveria muitos problemas, todavia, o simples fato de serem voluntários, como já mencionado, poderia dificultar uma análise do valor real das intervenções.

Assim, de forma geral, os delineamentos planejados tiveram como objetivo aproximarem-se ao máximo possível daquele da figura 12, tendo em vista as dificuldades mencionadas.

Atinente ao período, a coleta de dados foi feita com testes aplicados durante o primeiro semestre do ano letivo de 2009. O objetivo da pesquisa, desde o início, foi o de testar a eficiência de animações acerca de temas em Biologia celular em geral, e não apenas um tema específico, tendo em vista o fato de que caso algo desse errado (como o projetor de multimídia disponível na escola falhar, ou não haver quórum suficiente para executar um teste, as questões em questionários terem sido mal elaboradas devido à falta de experiência desse pesquisador e etc.) ainda haveria outras oportunidades para se efetuar testes e coletar dados.

Logo, no decorrer do primeiro semestre de 2009, foi desenvolvido o máximo de animações/apresentações/vídeos possível sobre os temas que estavam sendo vistos em sala e, quando possível, efetuaram-se testes. Com os dados numéricos obtidos foram realizados

testes estatísticos com o uso do pacote de aplicativos SPSS versão 13¹⁸. O objetivo foi o de oferecer maior precisão e clareza aos resultados. Essas análises estatísticas foram feitas de acordo com algumas recomendações como as de PAES (2009) e WILCOX (2009), e supondo:

- Nível de significância (α) de 5 %.
- Hipótese nula $H_0: \mu_2 = \mu_1$.
- Hipótese alternativa $H_1: \mu_2 \neq \mu_1$ (logo, o teste foi bicaudal).

Onde μ_1 e μ_2 correspondem respectivamente às médias dos grupos controle e experimental.

A análise estatística consistiu em se efetuar inicialmente testes de normalidade com os dados¹⁹, para que posteriormente se pudesse decidir qual seria o teste estatístico mais adequado a ser aplicado. Caso todos os resultados indicassem que os dados seguem distribuição normal, seria aplicado o teste t de Student para comparar médias, caso contrário, seria aplicado o teste U de Mann Whitney (não-paramétrico) (de acordo com o recomendado, por exemplo, por PAES, 2009).

Seguem as descrições dos testes executados (a idéia é que sejam comparados aos delineamentos mencionados na seção referente à revisão bibliográfica):

¹⁸ *Statistical Package for the Social Sciences* – <http://www.spss.com/statistics/>. Acesso em 09/02/2010.

¹⁹ Foi nos recomendado por um colega mais experiente, aplicar os testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk.

3.2.1. O FUNCIONAMENTO DA Na⁺/K⁺ ATPase

Neste caso, duas turmas fizeram os papéis de grupos experimental e controle e o delineamento consistiu nas seguintes etapas:

1. Aulas sobre o transporte ativo pela membrana, exemplificado pela bomba de sódio e potássio repetindo a explicação duas vezes com cada grupo. Também foram respondidos questionamentos feitos pelos estudantes.
 - Turma 1: controle. Os materiais utilizados na aula foram apenas o quadro negro e uma figura do livro didático (figura 13).
 - Turma 2: experimental. O material utilizado na aula consistiu na apresentação da animação sobre o funcionamento da bomba de sódio e potássio. Os estudantes viram a animação duas vezes.
2. Os estudantes elaboraram um esquema ilustrando o funcionamento da bomba, baseando-se no que viram na aula, e sem consultar qualquer material.
 - Após a elaboração do esquema, também foi mostrada a animação aos estudantes da turma 1, de forma que todos recebessem o mesmo tratamento e se pudesse obter um número maior de opiniões.
3. Por último, foi pedido que os estudantes opinassem sobre se o tipo de material utilizado era útil, se gostaram e etc.

A análise dos dados foi feita atribuindo-se notas aos esquemas, sendo que cada ponto era correspondente aos seguintes critérios (seis pontos):

1. Quantidade de íons sódio transportados.
2. Sentido do transporte dos íons sódio.
3. Quantidade de íons potássio transportados.
4. Sentido do transporte dos íons potássio.
5. Representação do modelo da proteína.
6. Papel e função do ATP.

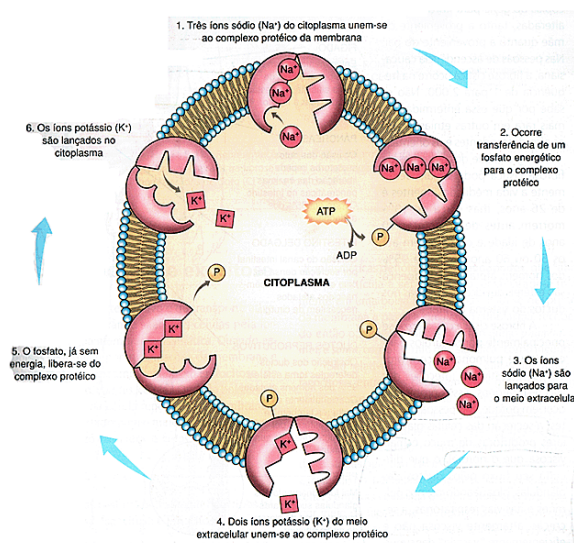
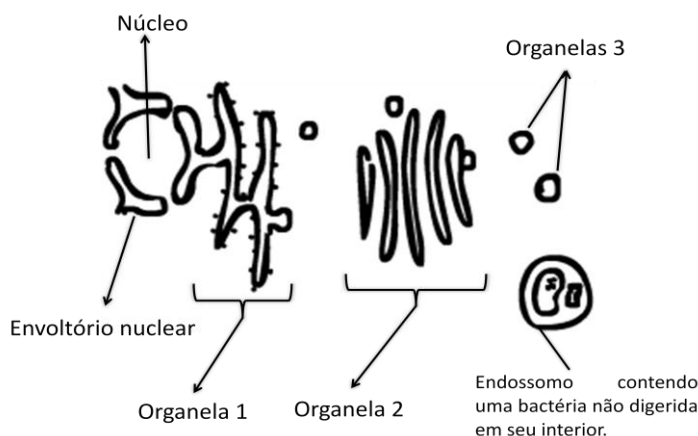


Figura 13. Esquema ilustrando o funcionamento da Na⁺/K⁺ ATPase. Retirada de AMABIS, J. M. & MARTHO, G. R. *Biologia das Células*. Moderna. 2004.

3.2.2. A VIA SECRETÓRIA

Neste caso, durante a realização de uma avaliação contemplando as organelas e estruturas citoplasmáticas, foi pedido aos estudantes que indicassem, caso não se sentissem constrangidos, se assistiram ou não aos vídeos sobre a via secretória na *internet*. A questão referente ao tema foi a seguinte (oito pontos):

O esquema abaixo representa algumas organelas celulares envolvidas em um determinado processo. Responda quais são os prováveis nomes e as funções dessas organelas (responder de forma específica e precisa!). Observação: Para as organelas 3, responder de acordo com o contexto representado no esquema! (8 scores).



Os dados foram provenientes das médias de acertos das quatro turmas e também do total geral de estudantes, sendo que os grupos foram:

1. Grupo 1: total de estudantes que afirmaram ter se utilizado dos vídeos para estudar.
2. Grupo 2: total de estudantes que não responderam sobre se viram ou não. Logo, esse grupo é constituído dos estudantes que não se utilizaram do material, mas também daqueles que se utilizaram, porém, constrangidos, não quiseram indicar nada.

Dentre as dificuldades já mencionadas no âmbito das pesquisas nesse campo, não é possível obrigar os estudantes a responderem se fizeram uso ou não do material. Mesmo assim, o esperado com esse teste era que a média do grupo 1 fosse maior que a do grupo 2, mesmo com o acréscimo esperado de pontos fornecidos pelos estudantes que, mesmo tendo se utilizado dos vídeos, não quiseram afirmar que sim. Não foram pedidas opiniões sobre o

material, mas alguns estudantes ofereceram suas críticas e sugestões informalmente e parte de um dos vídeos foi modificada baseada nelas (antes da realização da avaliação).

3.2.3. RESPIRAÇÃO AERÓBICA

Devido ao fato de que uma das turmas perdeu muitas aulas em relação às outras em virtude de feriados, para ganhar tempo, ministrou-se-lhes aulas com o uso do projetor de multimídia, visto que não era preciso escrever a matéria no quadro-negro. Sendo assim, essa turma atrasada teve aulas sobre o tema respiração celular com o uso da apresentação do *Powerpoint*, contendo animações, ao passo que as restantes tiveram aulas sobre o mesmo tema com o uso do quadro-negro. Neste teste a idéia foi utilizar a turma atrasada como grupo experimental (1) e o total das turmas restantes como grupo controle (2). Os dados consistiram basicamente nas pontuações sobre questões relativas ao tema em uma avaliação (nove pontos ao todo):

Sobre o processo de respiração celular, julgue os itens a seguir como sendo verdadeiros (V) ou falsos (F):

() Considerando a molécula de glicose, as etapas do processo de respiração celular são, em seqüência: a glicólise, a cadeia de transporte de elétrons, a fosforilação oxidativa, e o ciclo de Krebs.

() Nem todas as etapas do processo de respiração ocorrem nas mitocôndrias.

() A glicólise envolve duas etapas, sendo que, apesar de haver o gasto energético inicial de duas moléculas de ATP na primeira, o rendimento líquido ao término do processo, por molécula de glicose, é de quatro moléculas de ATP.

() O NAD^+ é uma substância aceptora de elétrons. Ao captar elétrons, uma molécula de NAD^+ é reduzida a NADH.

() Cada molécula de glicose é quebrada em duas moléculas de piruvato (de três átomos de carbono), que irão reagir com duas moléculas de Coenzima A, gerando duas moléculas de acetil-CoA.

() O ciclo de Krebs gera, além de NADH, moléculas de ATP, que podem ser convertidas em GTP.

() Moléculas de NADH geradas ao longo do processo de respiração transferem grupos fosfato, e graças a isso, energia, para proteínas localizadas na membrana interna da mitocôndria.

() Durante a cadeia de transporte de elétrons, algumas proteínas bombeiam íons H^+ para a matriz mitocondrial (o que gera um gradiente de concentração), graças à energia proveniente de elétrons transferidos.

() A ATP-sintase é capaz de sintetizar ATP a partir de ADP e Pi, graças a energia proveniente do fluxo de íons H^+ que passam por ela.

Variação:

() Considerando a molécula de glicose, as etapas do processo de respiração celular são, em seqüência: a glicólise, o ciclo de Krebs, a cadeia de transporte de elétrons e a fosforilação oxidativa.

() Todas as etapas do processo de respiração ocorrem nas mitocôndrias.

() A glicólise envolve duas etapas, sendo que, apesar de haver o gasto inicial de duas moléculas de ATP na primeira, o rendimento líquido do processo, por molécula de glicose, é de duas moléculas de ATP.

() O NADH é uma substância aceptora de elétrons. Ao captar dois elétrons, uma molécula de NADH é reduzida a NAD^+ .

() Cada molécula de glicose é quebrada em três moléculas de piruvato (de três átomos de carbono), que irão reagir com três moléculas de Coenzima A, gerando três moléculas de acetil-CoA.

() Para cada acetil-CoA que entra no ciclo de Krebs, são geradas, além das moléculas de NADH, uma molécula de GTP.

() A energia proveniente dos elétrons captados pelos NAD^+ e FAD, é transferida diretamente para a ATP-sintase, proteína localizada na matriz mitocondrial.

() Moléculas de NADH geradas ao longo do processo de respiração transferem elétrons, e graças a isso, energia, para proteínas localizadas na membrana interna da mitocôndria.

() Durante a cadeia de transporte de elétrons, algumas proteínas bombeiam íons H^+ para o espaço intermembranar (o que gera um gradiente de concentração), graças à energia proveniente de elétrons transferidos.

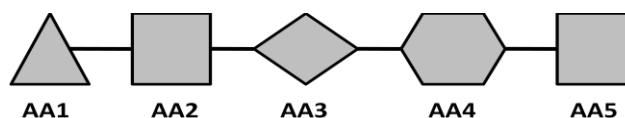
Destaco que as aulas com o projetor de multimídia não foram ministradas em ambiente escuro, mas sim em sala de aula comum, com as luzes acesas, de forma a minimizar a dispersão e sonolência por parte dos estudantes, que inclusive tiveram de fazer as devidas anotações de aula. Além disso, as duas variações das questões acima foram aplicadas em todas as turmas.

3.2.4. A SÍNTESE DE PROTEÍNAS

Apesar de não ter sido o objetivo primordial desta pesquisa, este último teste teve como objetivo analisar se um material desenvolvido com o *Powerpoint* contendo animações seria capaz de promover ou auxiliar a aprendizagem significativa.

Normalmente, na literatura especializada, esse tipo de avaliação consiste na elaboração de mapas conceituais por parte dos estudantes e posterior atribuição de pontos pelo pesquisador. Todavia, neste caso, optou-se por não mencionar em sala de aula e no material utilizado, um exemplo que poderia auxiliá-los a resolver uma das questões da prova bimestral elaborada pela coordenadora de biologia na qual os estudantes teriam de aplicar os conhecimentos adquiridos, pois o esperado era que com os conceitos fundamentais demonstrados em aula, utilizando a apresentação em *Powerpoint*, eles pudessem ter aprendido o conteúdo de forma significativa de forma a resolver a questão:

(UNICAMP – SP, Modificado) Uma molécula de DNA sintetizada artificialmente com a seqüência TATCCGCCCTACCCG, foi utilizada para sintetizar a seguinte seqüência de cinco aminoácidos (AA) representados por símbolos:



A mesma molécula de DNA foi submetida a tratamento com substâncias mutagênicas, provocando alteração na 12ª base da seqüência, que passou a ser uma timina. Represente, utilizando os mesmos símbolos acima, a seqüência de cinco aminoácidos do segmento da cadeia polipeptídica.

Essa questão valia cinco pontos, um para cada aminoácido indicado corretamente na seqüência. Só foram consideradas como corretas, aquelas nas quais os estudantes acertaram toda a seqüência.

3.2.5. AVALIAÇÃO ACERCA DA ACEITAÇÃO DO MATERIAL

Um dos fatores que podem favorecer o processo de ensino/aprendizagem é a aceitação de determinado método ou ferramenta por parte dos estudantes. Tendo isso em vista, como forma de checar se a aceitação dos materiais foi boa ou não, foi feita uma análise subjetiva dos comentários feitos pelos estudantes acerca da animação sobre a Na^+/K^+ ATPase, e também outros sobre alguns dos vídeos postados no *website Youtube*. Além de examinar os comentários no que diz respeito à aceitação dos vídeos, também se dissertou sobre outros aspectos relacionados ao processo de ensino/aprendizagem.

4. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DOS TESTES QUANTITATIVOS

Na tabela 9 são mostrados os resultados obtidos com o primeiro teste, sobre a bomba de sódio e potássio. De acordo com o esperado, as médias do grupo experimental foram superiores em pelo menos um ponto. Também se percebe que o percentual de acertos do grupo experimental foi superior ao da prova.

Tabela 9. Médias e desvios padrão obtidos a partir da correção de um esquema acerca do funcionamento da bomba de sódio e potássio, elaborado por estudantes de um grupo experimental (aprendeu com o uso da animação) e um grupo controle (aprendizado com o uso da figura do livro). (Pontuação máxima do teste: 6,0; Pontuação máxima da prova: 10,0).

Grupo	Média	Percentual de acertos	Desvio Padrão	n	Média da prova*
Controle	2,9	48,3 %	1,9	26	6,2
Experimental	4,2	70,0 %	1,7	28	

*Média das quatro turmas desse pesquisador.

No que diz respeito ao teste acerca da via secretória, os resultados para o total dos estudantes examinados em quatro turmas é apresentado na tabela 10. Assim como no caso do teste anterior, as médias do grupo controle foram superiores em pelo menos um ponto, e o percentual de acertos também foi superior ao da prova.

Apesar de o número de sujeitos do grupo experimental ter sido pequeno ($n = 25$) e poder parecer indicar que era constituído de estudantes mais aplicados, na verdade, era constituído de uma amostra bastante diversa (inclusive, apresenta o maior valor para o desvio padrão).

Tabela 10. Resultados do teste acerca da eficácia dos vídeos contendo animações sobre a via secretória para o total de estudantes testados em quatro turmas da 1ª série do ensino médio. (Pontuação máxima do teste: 8,0; Pontuação máxima da prova: 10,0).

Grupo	Média	Percentual de acertos	Desvio Padrão	n	Média da prova*
Assistiram (experimental)	5,6	70,0 %	2,8	25	5,8
Não assistiram / Não quiseram opinar (controle)	3,7	46,2 %	2,6	116	
Total das quatro turmas	4,1	51,2 %	2,7	141	

*Média das quatro turmas desse pesquisador.

Na tabela 11 a seguir são apresentados os resultados do teste sobre o processo de respiração aeróbica.

Tabela 11. Resultados dos testes acerca da eficácia de uma apresentação do *Powerpoint* contendo animações sobre o processo de respiração aeróbica. (Pontuação máxima: 9,0; Pontuação máxima da prova: 10,0).

Grupo	Média	Percentual de acertos	Desvio padrão	n	Média da prova*
Controle	7,6	84,4 %	1,9	106	6,8
Experimental	7,4	82,2 %	2,3	33	

*Média das quatro turmas desse pesquisador.

Nesse caso, contradizendo o esperado, as médias do grupo experimental não foram superiores, porém, as médias de acertos para ambos os grupos foram altas, inclusive com percentuais de acertos superiores aos da prova. Deve ser notado que os estudantes foram bastante admoestados para que focassem no estudo desse tema e prova, tendo em vista que a coordenação da disciplina, baseada nos resultados dos anos anteriores afirmou que os estudantes costumam ter bastante dificuldade com o tópico.

Os resultados para o teste concernente à aprendizagem significativa, que fez uso da apresentação sobre o processo de síntese de proteínas, estão demonstrados na tabela 12, na qual podemos ver os percentuais de estudantes que acertaram ou erraram a questão. Nesse último caso, não se mostra a média da prova, pois o tema não foi cobrado em provas

realizadas no decorrer do bimestre, mas sim somente na prova principal, ao término do bimestre, elaborada pela pessoa responsável pela coordenação da disciplina na série.

Tabela 12. Percentuais de estudantes que acertaram ou erraram toda uma questão sobre a ação de mutagênicos em uma molécula de DNA e o efeito que poderiam ter na seqüência de aminoácidos especificada.

“Grupo”	n	Percentuais
Acertaram	49	33,56 %
Erraram	97	66,44 %

4.1.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Como mencionado, foram efetuadas análises estatísticas com os dados de forma que se pudesse ter mais certeza ao interpretar os resultados. Assim, inicialmente foram executados testes de normalidade (com o uso do SPSS versão 13), para que se pudesse saber se os dados seguiam uma distribuição normal de forma a definir o teste a ser utilizado (tabela 13):

Tabela 13. Resultados de testes de normalidade efetuados com o pacote de aplicativos SPSS versão 13.

Teste	Grupo	Teste de Kolmogorov-Smirnov^a	Teste de Shapiro-Wilk
		Valor p^b	Valor p^b
Na ⁺ /K ⁺ ATPase	Controle	0,050	0,035
	Experimental	0,097	0,005
Via secretória	Controle	0,000	0,000
	Experimental	0,004	0,000
Respiração aeróbica	Controle	0,000	0,001
	Experimental	0,043	0,034

^aAdotando a correção de significância de Lilliefors.

^bValores- p abaixo de 0,05 indicam que a distribuição não é normal.

Tendo em vista o fato de que os resultados indicam que nem todos os dados oriundos de todos os testes seguem distribuição normal, o teste estatístico escolhido foi o de Mann-Whitney, cujos resultados são mostrados na tabela 14.

Tabela 14. Resultados do teste de Mann-Whitney efetuado com o SPSS versão 13 para os dados obtidos com os testes quantitativos efetuados nessa pesquisa.

Teste	Valor p^a
Na ⁺ /K ⁺ ATPase	0,012
Via secretória	0,003
Respiração aeróbica	0,776

^aIndica a probabilidade de não haver diferenças entre as duas amostras.

Assim, confirma-se a hipótese alternativa ($H_1: \mu_2 \neq \mu_1$) para os dois primeiros testes efetuados e em contrapartida, ao contrário do esperado, confirma-se a hipótese nula ($H_0: \mu_2 = \mu_1$) para o teste sobre a respiração aeróbica.

4.2. ANÁLISE QUALITATIVA CONCERNENTE À ACEITAÇÃO DO MATERIAL

De forma geral pode ser dito que o material teve boa aceitação por parte da maioria dos indivíduos, pois a quantidade de comentários negativos foi pequena e além dos comentários estritamente positivos (agradecimentos e elogios) alguns também continham sugestões sobre como melhorar o material. Na tabela 15 mostram-se os totais de comentários negativos e positivos. Foram considerados negativos apenas aqueles nos quais os indivíduos deram a entender que a elaboração e utilização desse tipo de material era negligenciável ou comentários depreciativos.

Tabela 15. Quantidade de comentários negativos e positivos recebidos. O critério de classificação foi subjetivo, porém, concorda com a análise também subjetiva de outros trabalhos disponíveis na literatura técnica, vários dos quais discutidos na seção referente à revisão bibliográfica.

Ferramenta	Comentários positivos	Comentários negativos
Animação em <i>Flash</i> referente à Na ⁺ /K ⁺ ATPase.	53	1
Total de vídeos disponibilizados no <i>Youtube</i> *.	82	2

*Total dos vídeos de conteúdo educacional contendo animações acerca de temas em biologia disponíveis em: <http://www.youtube.com/maxaug/>. Só foram contabilizados os comentários efetuados até o dia 18/04/2010. Deve-se ter em mente que alguns indivíduos apagam seus comentários posteriormente.

A fim de evitar repetir os mesmos comentários em duas seções e pelo bem da brevidade, citar-se-ão alguns considerados pertinentes no âmbito desse trabalho na discussão dos resultados.

5. DISCUSSÃO

5.1. DISCUSSÃO ACERCA DOS TESTES QUANTITATIVOS

Considerando as pontuações dos três primeiros testes, é possível dizer que, pelo menos de forma geral, os materiais desenvolvidos tiveram efeito positivo no que tange à aprendizagem: pode-se ver que os percentuais de acertos tenderam a aumentar no decorrer do semestre. Apesar de as médias dos grupos experimentais terem decaído gradativamente em relação às médias dos grupos controle e praticamente se igualarem no terceiro teste, isso pode se dever ao fato de que ambos os grupos acertaram muitos dos itens sobre respiração, talvez devido ao fato de que, como mencionado, os estudantes foram admoestados a estudarem bastante para a prova na qual o tema seria cobrado, sendo que a média dessa avaliação (6,8) foi superior às das duas anteriores (6,2 e 5,8). Esse terceiro resultado constitui evidência de que, caso haja estudo, não se pode dizer que as animações sejam ferramentas melhores que as imagens no que diz respeito à facilitação da aprendizagem.

Porém, o quarto teste teve resultado negativo, com um percentual pequeno de acertos na questão proposta (33,56 %), essa seria mais uma evidência de que os resultados encontrados na literatura técnica sobre a eficácia das animações são conflitantes.

Tendo isso em vista, caso a escolha tivesse sido dissertar apenas sobre como a utilização de uma animação feita em *Flash* representando o funcionamento da bomba de sódio e potássio poderia facilitar o aprendizado, ter-se-ia a impressão inicial de que, em concordância com os resultados obtidos, por exemplo, por STITH (2004) e McCLEAN

(2005), as animações abordando temas relacionados à biologia celular são claramente capazes de promover a aprendizagem de forma mais eficaz que as imagens. Por isso, procurou-se realizar o estudo ao longo de um período e tratando de temas diferentes.

Outra observação importante a ser feita é a de que, ao contrário dos estudos acima citados, esse teve como foco estudantes da 1ª série do ensino médio e não universitários, indivíduos que, espera-se, tenham maior responsabilidade e já estão cursando algo que também se supõe ser do interesse deles, ao contrário das disciplinas da educação básica, que são em muitos casos vistas pelos adolescentes como fardos sem muita serventia posterior. Portanto, a generalização dos resultados é restrita.

Ainda nesse âmbito da maturidade, sobre o tema da via secretória, poucos estudantes dispuseram-se a marcar se haviam ou não assistido os vídeos, principalmente devido ao fato de que têm vergonha de, nos termos deles, “se exporem”. Tendo isso em vista, os formulários no *Youtube*, pelo menos em princípio seriam uma boa ferramenta para que possam sanar suas dúvidas de forma anônima. Deve-se lembrar que dentre o grupo de estudantes que indicou ter assistido os vídeos, havia todos os tipos: desde os mais até os menos aplicados.

Também é digno de nota que os resultados para o teste envolvendo a apresentação sobre a síntese de proteínas podem ter sido influenciados pelo fato de não ter sido realizada uma prova sobre o tema antes da prova bimestral. Isso pode ter dificultado a aprendizagem, pois infelizmente é fato notório que a maioria dos estudantes estuda o conteúdo das provas na véspera de sua realização, então pode não ter havido tempo suficiente para que explorassem o

tópico de maneira adequada (especialmente porque foi o último conteúdo ministrado no bimestre). Daí, a análise da eficiência do material poder ter sido prejudicada.

Outra variável que pode ter influenciado os resultados e sua análise é o efeito que as novidades podem ter no aprendizado. Sendo assim, algo que no início foi novidade e depois se tornou rotineiro pode ter perdido parte de seu efeito positivo na aprendizagem. Porém, com os resultados obtidos graças aos objetivos e direcionamento da pesquisa, não é possível estimar esse efeito realisticamente, porém, para pesquisas futuras é algo que se deverá ter em mente.

Uma última observação pertinente é a de que os resultados mostraram evidências de que é possível obter bons resultados desenvolvendo animações com o *Powerpoint*, aplicativo mais fácil de dominar e mais acessível que o *Flash*. Logo, a elaboração de materiais dessa natureza, além de poder render bons resultados em termos de notas, também apresenta vantagens em termos de custos e tempo investidos em cursos e desenvolvimento.

5.2. DISCUSSÃO ACERCA DOS COMENTÁRIOS FEITOS SOBRE OS MATERIAIS

Sobre a aceitação dos materiais desenvolvidos, como já mencionado, foi boa. Vejamos alguns exemplos e coisas que se podem inferir sobre eles.

5.2.1. ANIMAÇÃO SOBRE A Na⁺/K⁺ ATPase

Na folha onde foi pedido aos estudantes que elaborassem um esquema sobre o funcionamento da proteína, havia um espaço para que eles avaliassem o material:

Como você avalia esse material (figura ou animação) no que diz respeito à sua aprendizagem? Gostou? Acha perda de tempo? Ele foi útil para você? Seja sincero.

Seguem alguns dos comentários. Ao término de cada um, entre parênteses está a pontuação que o estudante obteve no teste e se aprendeu com a figura ou com a animação.

Começamos com um negativo:

Eu acho que é perda de tempo, pois eu consigo aprender com as fotos do livro. (6 pontos, figura).

E realmente consegue, inclusive porque esse estudante foi capaz de representar uma cópia quase perfeita da figura do livro. Entretanto, como demonstrado pelas pontuações no teste, pode-se concluir que a maioria deles teve mais facilidade em aprender com a animação. Considerei que esse foi o comentário mais negativo acerca dos materiais, e talvez a queixa real do estudante seja mais relacionada ao fato de que teme ter de estudar mais em materiais suplementares. Prosseguindo:

É muito interessante apesar de não ser muito profissional. Deveria ser feito mais semelhante com o livro, p/não confundir. (2 pontos, figura).

Nesse caso, o estudante destaca que a qualidade visual pode influenciar na aceitação do material, sendo assim, o professor que objetiva desenvolver animações deve estar atento a isso. Outro ponto interessante é o de que a segunda afirmação nos revela que alguns

estudantes gostam de ter um modelo preferencial para utilizar quando vão responder às questões das provas. Aliás, a maioria dos esquemas produzidos pelo grupo testemunha foram tentativas de repetir a figura do livro, o que nos pode levar a pensar que talvez eles se voltaram mais para a memorização da imagem do que para o entendimento em si. Essa hipótese pode ser reforçada pelo seguinte comentário:

Muito melhor. Eu achei uma ótima forma de memorizar. Tenho certeza de que por animações eu vou aprender bem melhor e não esquecer depois. (3 pontos, animação).

Acerca de um dos resultados esperados (o de que as animações mostram ao estudante aquilo mesmo que ele deveria imaginar):

Oh, eu axo que foi bem melhor, pa tipow, agente aprende como se a parada tivesse msm acontecendo saca? E vey, é bem melhor pq aê agente [vê] como acontece realmente! (4 pontos, figura).

Com esse tipo de material conseguimos entender melhor, pois conseguimos vizualizar além de chamar nossa atenção para aula. (0 pontos, figura).

Os humanos conseguem aprender mais quando podem imaginar como acontecem as reações, sendo assim, com animações facilitam muito a aprendizagem. (3 pontos, animação).

Foi bem interativo, já que a biologia “abusa” muito da imaginação para entender os processos. Foi bem útil e interessante. (0 pontos, animação).

Esses comentários mostram que, pelo menos em alguns casos, ao se mostrar ao estudante aquilo mesmo que ele deveria imaginar, a aceitação e o aprendizado podem ser favorecidos. Isso por si só já pode ser uma justificativa plausível para que os professores busquem se utilizar mais desse tipo de recurso, e que se pesquise mais sobre o tema.

Outro estudante ressaltou o fato de que alguns deles gostam e se utilizam de material didático em formato eletrônico e na *internet*:

Eu acho a animação muito melhor do que uma ilustração no quadro ou no livro. Os professores estão de parabéns e devem continuar com esse tipo de aula. Professores, coloquem esse material na internet para os alunos poderem estudá-los em casa. Também seria bom se os professores criassem as aulas passadas no quadro negro em pdf ou alguma coisa assim. Desse modo, os professores não precisariam reescrever as aulas em cada sala e os alunos poderiam ter essas aulas em seus celulares, pocket pcs, ipods, etc. Continue trabalhando nessa idéia. Parabéns pela iniciativa. (Não elaborou esquema, apenas ofereceu o comentário).

Outros tipos de comentários destacam o fato de que esse tipo de material provavelmente não deve ser utilizado sozinho, como por exemplo:

Esse material foi de grande ajuda, conseguiu facilitar a explicação bomba de potássio que eu não havia entendido completamente com o livro, mas as anotações em sala também são de grande ajuda! :D (5 pontos, animação).

Sendo assim, pode-se concluir que esses comentários constituem evidências para se crer que as animações têm efeito positivo no processo de ensino/aprendizagem, mais especificamente no que diz respeito à boa aceitação e à facilitação da aprendizagem em alguns casos, ao mostrarem aos estudantes objetos que para eles são abstratos. Porém, aparentemente esse tipo de ferramenta é mais bem utilizada como material complementar ao livro didático e às aulas expositivas.

5.2.2. VÍDEOS DISPONIBILIZADOS NO YOUTUBE

A seguir são oferecidos breves comentários e considerações acerca de certos comentários postados nos formulários dos vídeos disponibilizados no *Youtube*, e também sobre algumas ferramentas disponibilizadas pelo próprio *website*.

Indo direto aos pontos, é importante notar que aparentemente há uma escassez de material educativo nessa área. Mais especificamente, de materiais cujo intuito é a utilização voltada para o ensino formal e não oferecer meros espetáculos visuais. Corroborando essa afirmação, vejamos os dois comentários a seguir:

Olá! Estou a usar um tradutor para poder escrever-lhe, eu falo espanhol! Quero dizer-lhe que estou a estudar com seus videos, com todos eles! Estan muito claros os passos, a didactica usada e a explicacion. Obrigado por subí-los! Saludos desde Argentina! (Sobre o vídeo Fotossíntese parte 1).

muito boa apresentação. eu estudo medicina no venezuela e não se muito do portugues mais percibi tudo tua explicação . muito obrigado parabens... SALUDOS DESDE VENEZUELA.... (Sobre o vídeo Membrana plasmática parte 3).

Esses comentários também podem nos mostrar o quanto a informação visual é importante no processo de ensino/aprendizagem, visto que ambos afirmam que puderam compreender o conteúdo mesmo não sendo falantes de língua portuguesa. Ainda sobre esse ponto a seqüência a seguir é interessante:

Estudante: professor, no vídeo é dito que a osmose se dá pela água até que os dois meios fiquem com a msm quantidade de solutos, não seriam solventes (água), já que continua havendo mais quadrados em uma parte???

Eu: Rapaz, o lance é que eu acho que tu tá trocando concentração por quantidade! Assiste o trecho do vídeo de novo, aí qualquer coisa tu pergunta de novo.

Estudante: entaum professor, se eu estou errado foi mal, mas aos 2:37 do video você acabou de falar que a concentração dos solutos ficaria igual, mas na verdade a quantidade de águas é que está igual e há mais quadrados em baixo, deixando a parte de baixo mais concentrada que a de cima.

Eu: Entendi o que tu quis dizer agora. O lance é o seguinte: por motivo de falta de espaço eu não fiz mais moléculas de água passando para o lado de baixo, mas note que eu digo que o trânsito continua até que as concentrações (de solutos, os quadrados amarelos) se igualem nos dois lados.

Quando eu digo quantidades depois, aí sim, são quantidades mesmo, mas se uma quantidade X de água sobe e uma quantidade X desce, como visto lá, então as concentrações de solutos permanecem iguais.

Esse foi um questionamento bastante relevante acerca do processo de osmose levantado nos comentários sobre o vídeo *Membrana plasmática parte 3*²⁰. Na verdade esse não foi o único estudante com essa mesma dúvida, mas serve para exemplificar os outros. O que aconteceu aqui foi que, como mencionado, não foram adicionadas mais figuras de moléculas de água atravessando a membrana plasmática na animação a fim de não sobrecarregar a tela, de acordo com algumas recomendações relacionadas, como LOWE (2004). A idéia era apenas mostrar que há trânsito e o sentido no qual ele ocorre. Porém, como se pode ver, alguns dos estudantes priorizam muito a informação visual, inclusive contando o número de figuras. Assim, não perceberam a informação verbal narrada e, portanto, não puderam compreender o processo adequadamente com a animação. Esse mesmo vídeo será refeito de forma a tornar a informação visual mais clara, da forma interpretada por estudantes como o exemplificado acima. Esse tipo de questionamento mostra que, ao contrário do que possa parecer, pode ser que às vezes um número elevado de objetos na tela, mesmo que talvez venham a sobrecarregá-la, tornam mais fácil a compreensão de certos processos.

Os dois comentários considerados negativos foram os seguintes:

Ciclo de Krebs ficou muito vago. Mas parabéns pelos vídeos muito didáticos (Respiração celular parte 2 – O ciclo de Krebs).

na minha opinião você podia detalhar mais o processo, ficou confuso. E principalmente comprar um mic novo (Fotossíntese parte 3 – A fase escura).

²⁰ <http://www.youtube.com/watch?v=2WihuVIWUkg>. Posteriormente esse vídeo será refeito. Caso haja interesse em acessá-lo, favor entrar em contato com o autor: <http://www.youtube.com/maxaug>.

Ambos os comentários refletem que os estudantes acharam vaga/confusa a forma como os ciclos de Krebs e de Calvin foram representados nos materiais, assim, talvez seja necessário ou buscar formas mais eficazes, ou então analisar se, na verdade, tendo em vista o número de acessos, os comentários negativos podem se dever ao fato de que eles têm dificuldades com o tema, ou a forma como os processos foram explicadas/representadas foram muito distintas daquelas às quais eles teriam mais familiaridade, utilizadas pelos professores deles ou nos livros didáticos que utilizam.

Mudando um pouco o tópico, além da comodidade de fornecer um campo de formulário onde os estudantes podem fazer questionamentos, opinar ou criticar, outra fonte de informações e dados acerca dos vídeos que se disponibilizam no *Youtube* é a ferramenta *Insight*, que pode mostrar as porções mais vistas dos vídeos²¹ e dados demográficos como faixas etárias e gênero das pessoas cadastradas que acessam (dependendo do número de acessos contabilizados que o vídeo teve). A figura 14 apresenta um gráfico mostrando as porções mais vistas do vídeo sobre a síntese de proteínas.

No caso desse vídeo em particular, o dispositivo mostra que as porções que mais chamaram atenção são justamente aquelas referentes à animação propriamente dita, com poucas porções de texto e narrada. Assim, pode se ter uma idéia sobre como desenvolver animações de forma a evitar que os usuários percam o interesse no vídeo. Pode ser que, pelo menos no caso do vídeo exemplificado na figura 14, esse tipo de informação ressalte ainda mais a predominância do aspecto visual no processo de ensino/aprendizagem com a utilização desse tipo de ferramenta e de que talvez o ideal ao se produzir esse tipo de vídeo educativo é

²¹ Para saber mais, inclusive sobre o funcionamento, recomenda-se consultar o blog oficial do Google em: <http://googleblog.blogspot.com/2008/09/your-youtube-video-hot-or-not.html>. Acesso em 22/04/2010.

focar em animar o máximo possível ao mesmo tempo em que se tenta reduzir grandemente as explicações baseadas em textos.

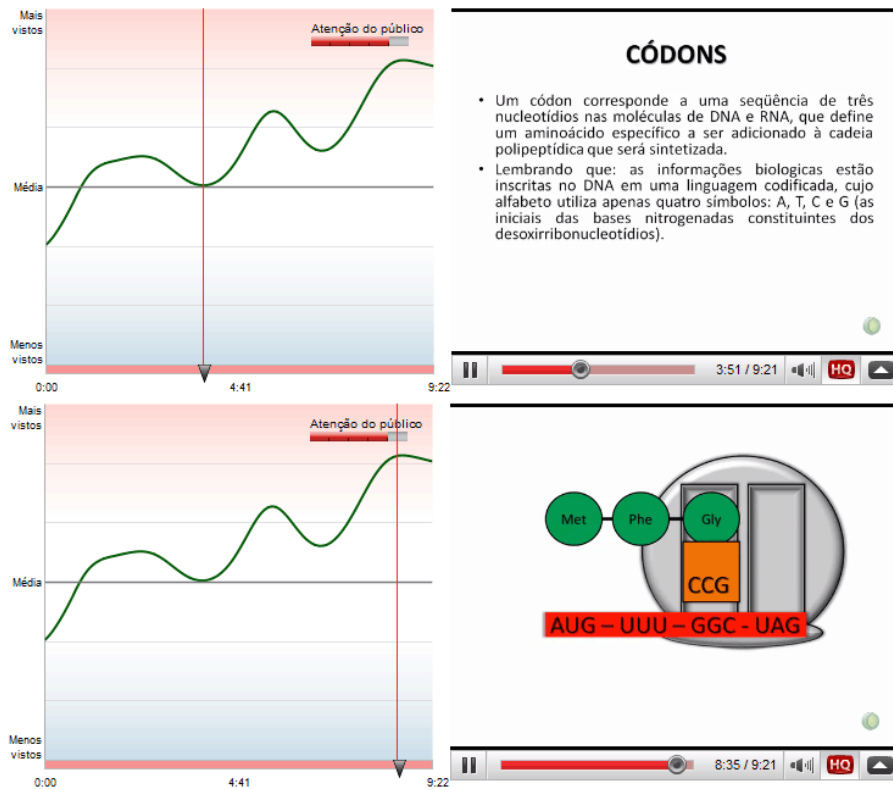


Figura 14. Gráficos mostrando as porções mais e menos vistas do vídeo sobre a síntese de proteínas disponibilizado no *Youtube*. Em cima se vê o nível de atenção em uma porção consistindo basicamente de texto narrado e explicações. Comparar com a parte de baixo, na qual o nível de atenção dado a uma porção onde se explica via animação é bem maior.

Outros tipos de dados interessantes que a ferramenta *Insight* pode fornecer são percentuais demográficos dos usuários cadastrados que acessam os vídeos. Na figura 15 podem-se ver os dados referentes aos três vídeos sobre a membrana plasmática (infelizmente essa estatística não estava disponível para os outros vídeos). É interessante perceber que, além do percentual de mulheres ser ligeiramente maior que o de homens, a maioria dos usuários provavelmente não são estudantes do ensino médio (faixa etária dos 13 aos 17 anos), isso pode ser indicativo de que a maior parte das pessoas que buscam esse tipo de recurso na

internet seja constituída de estudantes universitários. Inclusive uma professora de nível superior se comunicou comigo agradecendo pelos materiais, alguns dos quais estavam sendo utilizados por ela em suas aulas com boa aceitação e de acordo com a avaliação dela, favorecendo a aprendizagem (ver apêndice 1). Logo, é importante que sejam efetuados mais estudos com o intuito de descobrir quais fatores podem motivar os estudantes de nível médio a buscarem complementar seus estudos com esse tipo de ferramenta.

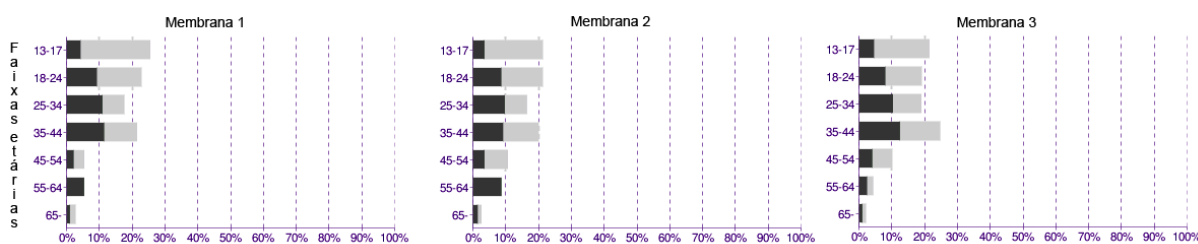


Figura 15. Gráficos onde se pode ver dados demográficos dos usuários cadastrados que acessaram os três vídeos sobre a membrana plasmática disponibilizados no *Youtube*. Os dados representados se referem ao percentual de homens (porções mais escuras das barras), mulheres (porções mais claras) e as faixas etárias às quais pertencem.

5.3. O QUE SE PODE INFERIR?

Novamente, a hipótese proposta foi: o uso de animações como modelos no ensino de Biologia celular e molecular para os alunos da 1ª série do ensino médio pode facilitar o processo de ensino/aprendizagem em relação aos métodos atualmente utilizados e isso pode ser constatado a partir de diferenças de notas em testes. Assim, podemos inferir que, em relação ao aspecto quantitativo, referente às pontuações, nem sempre é possível afirmar com certeza que o uso de animações foi mais eficiente que as imagens estáticas na promoção da aprendizagem. E nem que foram capazes de promover a aprendizagem significativa. Porém, como alguns dos resultados foram positivos e a maioria dos comentários recebidos também, é justificável afirmar que a utilização das animações tem efeito positivo no processo de

ensino/aprendizagem. Ademais, caso o desenvolvimento seja baseado principalmente no *Powerpoint*, torna-se mais simples e praticamente qualquer profissional que domine o aplicativo (algo relativamente fácil de ser atingido) pode produzir animações e vídeos que melhor se adéquem ao seu contexto, com o uso de sua criatividade, originalidade e estudos (e levando em consideração o contexto brasileiro, que a instituição ou o profissional tenha interesse em adquirir os aplicativos necessários, como o *Camtasia Studio*).

6. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Concluindo este trabalho, cujo tema foi investigar a eficácia das animações e vídeos contendo animações no ensino, todos desenvolvidos de forma não profissional, pode-se afirmar que são ferramentas valiosas no processo de ensino/aprendizagem. É útil saber que algumas animações podem ser desenvolvidas com o uso de aplicativos simples de dominar (*Powerpoint*), sendo esse um incentivo para que diversos professores busquem aprimorar seus conhecimentos no âmbito da informática e suas tecnologias. Tendo em vista o fato de que os Parâmetros Curriculares Nacionais²² orientam que se propicie aos estudantes conhecimentos acerca das tecnologias utilizadas nas ciências e que para tal é necessário ter um bom domínio das ferramentas da informática, eis aí mais um motivo para que as animações sejam mais experimentadas e produzidas pelos professores.

Certamente é possível obter bons resultados no ensino utilizando apenas aulas expositivas no quadro negro, mas a sugestão dessa pesquisa é baseada na valorização do indivíduo e respeito às diferenças: uns podem aprender melhor com as animações, outros não. Deve ser notado, entretanto, que a proposta não é demagógica, exigindo que o professor cuide de forma personalizada de cada um de seus vários estudantes e suas dificuldades. A idéia seria buscar, auxiliado por pesquisas, um equilíbrio entre o rendimento deles e os esforços em se desenvolver ferramentas distintas para o uso no ensino, justamente para poupar energia quando se depara com situações nas quais os estudantes acham muito difícil compreender certos assuntos. Considerou-se que o desenvolvimento com o *Powerpoint* e a gravação de

²² Pode se conferir os documentos em:
http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12598:publicacoes&catid=195:seb-educacao-basica.
Acesso em 22/01/2010.

vídeos a partir deles não requer esforços extremos e os vídeos produzidos podem constituir bons materiais complementares.

No que diz respeito ao seu valor, esse trabalho, ao contrário da maioria dos outros citados cujo tema era a biologia celular, teve como foco estudantes da 1ª série do ensino médio, e não universitários ou estudantes da 3ª série do ensino médio, que estariam revendo os temas. Talvez as duas principais diferenças entre esses públicos alvos sejam o fato de que se espera maior maturidade por parte dos universitários e que eles também tenham mais interesse na matéria de estudo por motivos óbvios. Vários (se não todos) os professores que atuam na educação básica reclamam de dificuldades em lidar com seus estudantes, o que inclusive pode lhes gerar um quadro de síndrome de *burnout*²³ (cf., por exemplo, CARLOTTO, 2002) sendo um dos motivos principais o desinteresse por parte deles, que como já vimos, é um dos principais motivos da evasão escolar. Assim, até os testes que se executam nas pesquisas podem ser comprometidos tendo em vista a falta de cooperação. Destaco que outros testes executados no decorrer dessa pesquisa foram descartados exatamente devido a esse fator.

Assim, é difícil generalizar os dados obtidos com estudantes desses níveis diferentes e é possível que o mau desempenho dos estudantes no teste sobre a síntese de proteínas possa ser devido em parte a outros tipos de variáveis, como o desinteresse. Esses são fatores a serem levados em consideração em pesquisas futuras.

²³ “*Burnout é um tipo de estresse ocupacional que acomete profissionais envolvidos com qualquer tipo de cuidado em uma relação de atenção direta, contínua e altamente emocional. [...] Atualmente, a definição mais aceita do burnout é a fundamentada na perspectiva social-psicológica de Maslach e colaboradores, sendo esta constituída de três dimensões: exaustão emocional, despersonalização e baixa realização pessoal no trabalho.*” (CARLOTTO, 2002).

Além desse aspecto, nesse trabalho também foram mostradas evidências para se crer que o principal sentido utilizado quando alguém tenta aprender algo com o tipo de ferramenta desenvolvido é a visão. Todavia, como esse não foi o foco da pesquisa, é necessário que sejam realizados mais estudos com o intuito de se compreender melhor esse aspecto para que se possa desenvolver animações e vídeos cada vez mais eficazes para um número maior de pessoas.

Finalizando, é necessário desenvolver um programa de pesquisa científica “lakatosiano” (conforme descrito, por exemplo, em SILVEIRA, 1996; LABURÚ *et al.*, 1998) para que se possa entender melhor o quanto as animações e materiais dessa natureza podem contribuir no ensino e como e quais são os mecanismos pelos quais podem facilitar ou dificultar a aprendizagem. Inclusive, pois, ao que tudo indica, esse campo de pesquisas é relativamente novo e ainda não há um número substancial de trabalhos que nos permita fazer conclusões mais bem embasadas. Aliás, talvez a maior parte dos trabalhos foque não em entender os processos cognitivos subjacentes ao ensino com o uso de animações, mas sim em buscar apenas o resultado quantitativo positivo, de forma a facilitar o trabalho de ensino de quem executou a pesquisa (aparentemente, professores da disciplina buscando facilitar seu trabalho).

Assim, poder-se-ia adotar como núcleo rígido a afirmação de que as animações favorecem a aprendizagem e a partir daí desenvolver diversas teorias componentes de um cinturão protetor, cada uma tentando explicar um aspecto distinto. A partir daí, novas frentes de pesquisa poderiam investigar, por exemplo, o quanto as analogias como organizadores prévios podem contribuir na eficiência de uma animação, a influência exercida pela duração e

qualidade dos materiais, tipos de temas mais apropriados para serem ministrados com o uso de animações, prevalência dos sentidos e etc. Enfim, na medida em que o programa progride, surgem novos problemas a serem resolvidos e o conhecimento enriquece. Um bom motivo para que nos animemos, pois desenvolver animações, aparentemente, compensa.

7. REFERÊNCIAS

1. BANKS, M. A. *On the Way to the Web: The Secret History of the Internet and Its Founders*. Apress. 2008.
2. BLEHM, C.; VISHNU, S.; KHATTAK, A.; MITRA, S.; YEE, R. W. Computer vision syndrome: a review. *Survey of Ophthalmology*. v. 50(3). 2005. pp: 253-262.
3. BOORADY, L. M. & HAWLEY, J. M. The wonders of technology: teaching becomes virtual. *Clothing & Textiles Research Journal*. v. 26(2). Abr. 2008. pp: 131-142.
4. BOZARTH, J. *Better Than Bullet Points: Creating Engaging E-Learning With Powerpoint®*. John Wiley & Sons. 2008.
5. BRUNER, J. S. *O processo da educação*. Companhia Editora Nacional. 1978.
6. BRUNER, J. S. *A cultura da educação*. Artmed. 2001.
7. CARLOTTO, M. S. A síndrome de *burnout* e o trabalho docente. *Psicologia em Estudo*. v. 7(1). 2002. pp:21-29.
8. DÓREA, F. C.; RODRIGUES, H. S.; LAPOUBLE, O. M. M.; PEREIRA, M. R.; CASTRO, M. S.; FONTES, W. Biochemical view: a website providing material for multiple approaches to biochemistry teaching. *Journal of Chemical Education*. v. 84. 2007. pp: 1866 – 1870.
9. FERRAZ, D. F. & TERRAZZAN, E. A. O uso espontâneo de analogias por professores de biologia: observações da prática pedagógica. *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 4(2). 2002.
10. FLORES, M. L. P.; SANTOS, L. M. A.; FALKEMBACH, G. A. M.; BANDEIRA, A. N.; REIS, F. V. O uso de teorias cognitivas na construção de objetos de aprendizagem para suporte ao ensino de matemática. *Anais da Conferência IADIS Ibero-Americana WWW/Internet*. Múrcia. Espanha. Outubro. 2006. pp: 328-332. Disponível em: http://www.iadis.net/dl/final_uploads/200607C045.pdf. Acesso em 24 de Novembro de 2009.
11. GLYNN, S. M.; TAASOBSHIRASI, G.; FOWLER, S. Analogies: explanatory tools in web-based science instruction. *Educational Technology*. v. 47(5). 2007. pp: 45-50.
12. GLYNN, S. M. Making science concepts meaningful to students: teaching with analogies. Em: MIKELSKIS-SEIFERT, S.; RINGELBAND, U.; BRÜCKMANN, M. (Editores). *Four decades of research in science education: from curriculum development to quality improvement*. 2008. pp: 113-125.
13. GREEN, B.; JENKINS, D.; POTTER, N.; DAVIES, S. Information technology in nurse education: a multimedia approach to teaching biological sciences. *Health Informatics Journal*. v. 6. 2000. pp: 86-90.
14. HECKLER, V.; SARAIVA, M. F. O.; FILHO, K. S. O. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 29(2). 2007. pp: 267-273.
15. HEYDEN, R. J. Approaches to Cell Biology: Developing Educational Multimedia. *Cell Biology Education*. v. 3. 2004. pp: 93-98.
16. HOFFMANN, M. B. & SCHEID, N. M. J. Analogias como ferramenta didática no ensino de biologia. *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 9(1). 2007.

17. KANAMURA, A. H. *Ensino de Neurofisiologia Básica Mediado por Computador*. 2008. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.
18. KUIPER, E.; VOLMAN, M.; TERWEL, J. The web as an information resource in K-12 education: strategies for supporting students in searching and processing information. *Review of Educational Research*. v. 75(3). 2005. pp: 285-328.
19. LABURÚ, C. A.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Os programas de pesquisa de Lakatos: uma leitura para o entendimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. *Ciência & Educação*. v. 5(2). 1998. pp: 23-38.
20. LAVILLE, C. & DIONNE, J. *A Construção do Saber: Manual de Metodologia da Pesquisa em Ciências Humanas*. Artmed & Editora da UFMG. 1999. Reimpressão (2007).
21. LOWE, R. K. Animation and learning: value for money? Em: ATKINSON, R.; McBEATH, C.; JONAS-DWYER, D.; PHILLIPS, R. (Editores). *Beyond the comfort zone: Proceedings of the 21st ASCILITE Conference*. Perth. 2004. pp. 558-561.
22. McCLEAN, P.; JOHNSON, C.; ROGERS, R.; DANIELS, L.; REBER, J.; SLATOR, B. M.; TERPSTRA, J.; WHITE, A. Molecular and cellular biology animations: development and impact on student learning. *Cell Biology Education*. v. 4. 2005. pp: 169 – 179.
23. MENDES, J. R. S. *O papel instrumental das imagens na formação de conceitos científicos*. 2006. 177 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília. 2006.
24. MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa*. Editora Universidade de Brasília. 1999.
25. MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. Editora Pedagógica e Universitária. 1999.
26. MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. Versão revisada e estendida de conferência proferida no *III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. Publicada nas Atas desse Encontro, p.p. 33-45, com o título original de *Aprendizagem significativa subversiva*.
27. MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. Conferência de encerramento do *V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, Madrid, Espanha, setembro de 2006 e do *I Encuentro Nacional sobre Enseñanza de la Matemática*, Tandil, Argentina, abril de 2007. Uma versão preliminar e reduzida desta conferência foi apresentada no *I Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa*, Campo Grande, MS, Brasil, abril de 2005. Em ambos os casos, o texto correspondente está publicado nas respectivas Atas.
28. NOVAK, J. D. Learning theory applied to the biology classroom. A useful tool for science education. *The American Biology Teacher*. v. 42(5). 1980. pp: 280-285.
29. O'DAY, D. H. Animated Cell Biology: A Quick and Easy Method for Making Effective, High-Quality Teaching Animations. *CBE – Life Sciences Education*. v. 5. 2006. pp: 255-263.
30. O'DAY, D. H. The Value of Animations in Biology Teaching: A Study of Long-Term Memory Retention. *CBE – Life Sciences Education*. v. 6. 2007. pp: 217–223.
31. PAES, A. T. O que fazer quando a distribuição não é normal? *Einstein – Educação continuada em Saúde*. v.7(1 pt. 2). 2009. pp: 3–4.
32. PEDRO, L. F. & MOREIRA, A. Os hipertextos de flexibilidade cognitiva e a planificação de conteúdos didáticos: um estudo com (futuros) professores de línguas.

- Revista de Enseñanza y Tecnología*. Sep-Dec. 2000. pp: 29-35. Disponível em: <http://tecnologiaedu.us.es/bibliovir/pdf/19art4.pdf>. Acesso em 24 de Novembro de 2009.
33. PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. *Rev. PEC*. v. 2(1). Jul 2001 – Jul 2002. pp: 37-42.
 34. PERRY, G. *Sams Teach Yourself Microsoft Office 2007 All in One*. Sams. 2006.
 35. REZENDE, F.; GARCIA, M. A. C.; COLA, C. S. D. Desenvolvimento e avaliação de um sistema hipermídia que integra conceitos básicos de mecânica, biomecânica e anatomia humana. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 11(2). 2006. pp: 239-259.
 36. RIBISI Jr, S.; YU, K.; LAMBERTSON, L. A Picture is Worth a Thousand Questions. *The American Biology Teacher*. v. 69(3). Mar. 2007. pp: 42-47.
 37. REINHARDT, R. & LOTT, J. *Flash® 8 ActionScript Bible*. Wiley. 2006.
 38. RICKETTS, J; WOLFE, F. H.; NORVELLE, E.; CARPENTER, E. H. Multimedia: asynchronous distributed education – a review and case study. *Social Science Computer Review*. v. 18(2). 2000. pp: 132-146.
 39. RUTLEDGE, P. A.; BAJAJ, G.; MUCCIOLO, T. *Special Edition Using Microsoft Office PowerPoint 2007*. Que. 2006.
 40. SANTOS, A. P. B. & CURI, E. Alguns aspectos de articulação entre as teorias da didática francesa e suas contribuições para formação de professores [sic]. *Revista Eletrônica de Educação Matemática*. v. 4(5). 2009. pp: 53-56.
 41. SANTOS, J. C.; ALVES, F. L. A.; CORRÊA, J. J.; SILVA, E. R. L. Análise comparativa do conteúdo Filo Mollusca em livro didático e apostilas do ensino médio de Cascavel, Paraná. *Ciência & Educação*. v. 13(3). 2007. pp: 311-322.
 42. SANTOS, L. M. A. & TAROUÇO, L. M. R. A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica. *Revista Novas Tecnologias na Educação*. v. 5(1). 2007.
 43. SHIHUSA, H. & KERARO, F. N. Using advance organizers to enhance student's motivation in learning biology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. v. 5(4). 2009. pp: 413-420.
 44. SILVA, E. R. B. Divulgação científica: imagens facilitam a compreensão da ciência. *Ciência e Cultura*. v. 61(3). 2009. pp: 64-65.
 45. SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 13(3). 1996. pp: 219-230.
 46. STITH, B. J. Use of animation in teaching cell biology. *Cell Biology Education*. v. 3. 2004. pp: 181-188.
 47. TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. *Ciências & Cognição*. v. 12. 2007. pp: 72-85.
 48. TULVING, E. & CRAIK, F. I. M. (Editores). *The Oxford Handbook of Memory*. Oxford University Press. 2000.
 49. WARD, P. Some Thoughts on Practice-Theory Relationships in Animation Studies. *Animation: An Interdisciplinary Journal*. v. 1(2). 2006. pp: 229-245.
 50. WILCOX, R. R. *Basic Statistics – Understanding Conventional Methods and Modern Insights*. Oxford University Press. 2009.

APÊNDICE 1

DECLARAÇÃO

Ao Prof. Dr. Gerson de Souza Mól - Presidente da CPGEC e/ou
À Prof.^a Dr.^a Maria Luiza Gastal - Representante Titular da Área de Ensino de Biologia a CPGEC

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília - UnB
Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências

Eu, Prof.^a **Angelita Mara de Souza**, declaro para os devidos fins, que utilizei vídeos do Mestrando **Maximiliano Augusto de Araújo Mendes**, do Programa de Ensino em Biologia, como Material Didático de Apoio na disciplina de Biologia Celular I, para os acadêmicos do 1º período dos Cursos da Saúde (Enfermagem, Nutrição, Psicologia e Educação Física) da Faculdade Campo Real, no 1º semestre de 2009.

Em busca de material que permitisse a visualização sobre membrana plasmática por parte dos acadêmicos, e consequentemente, um melhor aprendizado, encontrei o referido material no *site* do YouTube. Sinto apenas por ter encontrado os vídeos do professor “Max” no final do período, pois pude perceber e comprovar, pelas avaliações e comentários, que o material didático colaborou em muito na compreensão dos assuntos, nos quais a animação, paralelamente à explanação teórica, é imprescindível ao entendimento.

Apesar de não ter utilizado os demais vídeos, como professora e Doutora na área de Bioquímica, qualifico como excelentes os demais vídeos disponíveis, intitulados genericamente como “A Base Molecular da Vida”.

Os vídeos utilizados em sala de aula foram:

A membrana plasmática - Parte 1: Funções e estrutura. Disponível em:
<<http://www.youtube.com/watch?v=2FE206MtIUA&feature=Playlist&p=ECFD713FC005B84F&index=8>>;

A membrana plasmática - Parte 2: Transporte pela membrana (Difusão simples e facilitada). Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=9DGWJU7P-uM&feature=Playlist&p=ECFD713FC005B84F&index=9>>;

A membrana plasmática - Parte 3: Transporte pela membrana (Osmose e transporte ativo)
Disponível em:
<<http://www.youtube.com/watch?v=2WihuVIWUkg&feature=Playlist&p=ECFD713FC005B84F&index=10>>.

Guarapuava, 08 de outubro de 2009.

Prof.^a Angelita Mara de Souza

Doutora em Ciências Bioquímicas – UFPR

(**RG:** 3.927.003-0/SSP-PR; **CPF:** 511.127.109-06)

Currículo do Sistema Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2097974242793979>

APÊNDICE 2

Este DVD-ROM contém os materiais utilizados nessa pesquisa. Como não consistem em produtos acabados, pelo menos no que diz respeito aos vídeos disponibilizados no *Youtube*, de tempos em tempos serão atualizados e disponibilizados em <HTTP://www.youtube.com/maxaug/>