Universidade de São Paulo

André Haruo Kanamura

Ensino de neurofisiologia básica mediado por computador

São Paulo

2008

Universidade de São Paulo

André Haruo Kanamura

Ensino de neurofisiologia básica mediado por computador

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, para a obtenção de Título de Mestre em Ciências, na Área de Fisiologia.

Orientador: Prof. Gilberto Fernando Xavier

São Paulo

2008

K 15e Kanamura, André Haruo
Ensino de neurofisiologia básica mediado por
computador / André Haruo Kanamura. – São Paulo :
A. H. K, 2008.
p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da
Universidade de São Paulo. Departamento de Fisiologia,
2008.

1. Neurofisiologia 2. Ensino mediado por computador
I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências.
Departamento de Fisiologia II. Título

LC QP 355.2

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof. Dr. Gilberto Fernando Xavier
Orientador

Aos meus pais

“I may not have gone where I intended to go,
but I think I have ended up where I needed to be.”

Douglas Adams (1952 - 2001)

Agradecimentos

Registro meus sinceros agradecimentos àqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gilberto Fernando Xavier por todo o apoio e por aturar as minhas inseguranças e dúvidas ao longo de todos esses anos.

À FAPESP pelo apoio financeiro.

Aos Profs. Drs. Bayardo Baptista Torres e Sônia Godoy Bueno Carvalho Lopes por todas as sugestões e conselhos.

À Profa. Dra. Eliana Maria Beluzzo Dessen pelo auxílio e contato com a Diretoria de Ensino Norte e aos Professores da Diretoria de Ensino Norte.

À Professora Maria Cristina Sucupira e ao Colégio Santa Cruz. A Professora Daniela Scarpa e à Escola de Aplicação.

Ao Prof. Dr. André Frazão Helene pela colaboração na aplicação na UNIFIEO e pelos conselhos.

Aos meus amigos Pavão, pela ajuda na hora fazer análises estatísticas (foram inúteis porque depois eu tive que fazer de novo, mas valeu mesmo assim), Pablo, por me apresentar o Flash e me incentivar a continuar nessa linha de trabalho, Tchelão, pelo apoio moral e auxílio durante o grupo focal na Diretoria de Ensino Norte, e ao Benta, pelas sugestões que embasaram parte da estratégia de avaliação deste trabalho.

À galera do Futebol de Terça, pelo futebol arte e pelas cicatrizes.

Ao Lohn, Bucha e Dondon pela amizade.

À turma do Sci-fi Trash Night Club pelas noites repletas de risadas, cultura inútil e pizza oleosa.

Aos meus amigos de 2001 Noturno e demais colegas da bio! Menção honrosa: Dino, Terror, Thalís e DaniDani de 2001 Integral.

Ao Pigozzo, Helena e Lina pela diversão! Uhú balada!!!

Ao Recoder, Zé, Carolzinha, Sabrina, Lilian, Nelas, Ju, Foca, Rogério, Vitão, Brutus, Mauro, Paschoal, Pablo (de novo?), Alex, Ciça, Japa, Carola e Ana Cintra por fazerem de mim o que sou.

Aos meus pais por me fazerem.

Aos meus irmãos por serem obrigados a agüentar meu mau humor, se não levam porrada! Brincadeira... Agradeço minha família pela paciência ao longo dos anos que foram e dos que ainda estão por vir.

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
1.1. <i>TECNOLOGIA NO ENSINO</i>	3
1.2. <i>ABORDAGEM COGNITIVA NO ENSINO MEDIADO POR MULTIMÍDIA</i>	8
1.2.1. <i>Efeito da atenção dividida (ou “Split Attention Effect”)</i>	9
1.2.1.1. <i>Princípio da contigüidade espacial</i>	10
1.2.1.2. <i>Princípio da contigüidade temporal</i>	11
1.2.1.3. <i>Princípio da modalidade</i>	11
1.2.1.4. <i>Princípio da coerência</i>	11
1.2.1.5. <i>Princípio da redundância</i>	12
1.2.1.6. <i>Papel da habilidade visuo-espacial</i>	12
1.2.1.7. <i>Papel da experiência prévia</i>	13
1.3. <i>TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA, O TEXTO E A IMAGEM</i>	13
1.3.1. <i>Transposição didática</i>	13
1.3.2. <i>O texto</i>	15
1.3.3. <i>A imagem</i>	16
1.4. <i>A TAXONOMIA DE BLOOM</i>	17
1.5. <i>OBJETIVOS</i>	19
2. MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1. <i>O PROGRAMA</i>	19
2.1.1. <i>Sobre os conceitos abordados no programa</i>	20
2.1.2. <i>Sobre a abordagem do conteúdo</i>	21
2.2. <i>METODOLOGIA DA APLICAÇÃO E DE ANÁLISE DOS RESULTADOS</i>	22
2.2.1. <i>Aplicação em Alunos do Ensino Médio</i>	22
2.2.2. <i>Grupo Focal</i>	24
2.2.3. <i>Aplicação no Centro Universitário Fundação Instituto de Ensino para Osasco – FIEO (UNIFIEO)</i>	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
3.1. <i>ACEITAÇÃO DO PROGRAMA</i>	26
3.2. <i>AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO</i>	41
3.1. <i>GRUPO FOCAL</i>	43
3.2. <i>APLICAÇÃO DO PROGRAMA NA UNIFIEO</i>	49
3.2.1. <i>Avaliação do desempenho dos alunos nos testes antes e após aplicação do programa</i>	50
3.2.2. <i>Avaliação do desempenho dos alunos nas provas semestrais do curso de Fisiologia</i>	52
4. DISCUSSÃO GERAL	54
5. CONCLUSÃO	59
6. REFERÊNCIAS	60
ANEXOS	62

Resumo

A educação mediada por computador tem sido amplamente utilizada em vários níveis educacionais em todo o mundo. Os rápidos avanços tecnológicos nas áreas de telecomunicação e computação têm incentivado esta estratégia de ensino. Neste trabalho testou-se a efetividade de um material didático envolvendo conceitos básicos de neurofisiologia, direcionado para alunos do ensino médio, com o objetivo de instruir e divulgar a ciência, através de animações interativas criadas na plataforma *Flash* (Adobe®) de programação e animação. Alunos de Ensino Médio e Ensino Superior expostos a esse material foram questionados em relação à aceitação e avaliados quanto à efetividade do programa. Além disso, um grupo focal envolvendo professores da rede pública do Ensino Médio participou de um debate para avaliar suas impressões sobre o programa e sua aceitabilidade.

Os resultados mostraram que os alunos avaliados tiveram bom desempenho depois de estudarem por meio da utilização do programa, sugerindo que o mesmo foi eficiente na apresentação de conceitos de neurofisiologia. O programa foi utilizado por alunos do Ensino Médio nos anos de 2004 a 2006 e seu desempenho foi comparado ao de alunos de 2003, no qual foram ministradas somente aulas tradicionais. O desempenho dos alunos que utilizaram o programa foi superior em neurofisiologia quando comparado com seu próprio desempenho nos demais conteúdos de biologia. Além disso, as notas dos alunos em neurofisiologia foram superiores em 2004 e 2005 em relação às dos alunos de 2003. Os alunos do Ensino Superior que utilizaram o programa também obtiveram melhor desempenho nas suas avaliações semestrais nos conteúdos abordados no programa em relação aos alunos que tiveram somente aulas tradicionais. As impressões dos professores do Ensino Médio foram positivas quanto à utilização do programa como ferramenta de ensino. Os resultados em conjunto sugerem que o programa tem potencial para ensino de conceitos básicos de neurofisiologia para alunos de Ensino Médio e Superior.

Abstract

Computer mediated education has been widely used in several educational levels around the world. The fast technological advances in telecommunication and computer science have encouraged this teaching strategy. In this work, the effectiveness of a didactic material involving basic concepts of neurophysiology, directed for college students, with the objective of instructing e disclose science through interactive animations created on Flash (Adobe®) programming platform. College and High School students exposed to this material were questioned in relation to acceptance and evaluated on the effectiveness of the program. Beyond that, a focus group involving teachers from public college schools participated on a debate to evaluate their impressions on the program and its acceptability.

Results show that students evaluated had a good performance after studying through the program, suggesting that it was efficient on presenting neurophysiology concepts. The program was used by college students from year 2004 to 2006 and their performance was compared to students of 2003, when only traditional classes were taught. Performance of the students who used the program was superior in neurophysiology when compared to their own performance in other contents of biology. Beyond that, student's grades on neurophysiology were superior in 2004 and 2005 in relation to the student's grades in 2003. High School students that used the program also had better performance in their biannual evaluation tests on the contents addressed in the program in relation to the students who only had traditional classes. College teacher's impressions about the use of the program as a teaching tool were positive. Together, these results suggest that the program has potential use in teaching basic neurophysiology concepts for College and High School students.

1. Introdução

1.1. Tecnologia no ensino

O computador pode contribuir para aprimorar a educação. Especialistas na área de Informática sugerem que a Educação pode favorecer o trabalho do professor, enriquecendo e diversificando a sua forma de encaminhar o processo de ensino-aprendizagem. Outra contribuição importante é a de ampliar os níveis e abordagens dos conteúdos estudados, quer pelo que o computador oferece como alternativa de atividades escolares, quer pelas possibilidades de acesso à rede mundial da Internet (Oliveira, 2001). A internet é uma das formas de acesso à informação mais importantes do mundo atual e a ela estão associadas as novas modalidades do ensino a distância mediado pelo computador.

A educação a distância contabiliza mais de um século de existência; remonta ao final do século XIX, quando foram implementadas as primeiras experiências de cursos por correspondência. Desde então, a educação a distância tem se desenvolvido utilizando-se dos mais variados recursos pedagógicos e tecnológicos disponíveis. Sua evolução pode ser dividida em três momentos na história, de acordo com a tecnologia disponível em cada um. A primeira geração baseou o auto-aprendizado em simples textos impressos, o que ocorreu até 1960. A segunda geração utilizou textos impressos complementados com recursos tecnológicos áudio-visuais, o que ocorreu entre 1960 e 1980. A última, mais atual, baseia o auto-aprendizado em recursos tecnológicos altamente diferenciados caracterizado por alta interatividade e amplitude de alcance, associado ao relativamente baixo custo dos computadores pessoais (Loyolla, 1998).

O rápido desenvolvimento dos recursos tecnológicos de informatização e comunicação tornou possível a combinação e coordenação de modos de apresentação verbais (como narração e texto na tela do computador) com não verbais (como gráficos, vídeos e animações) em apenas um aparelho, o computador (Mayer, 1999). O desenvolvimento de tais recursos vem associado a um crescente incentivo à educação à distância e mediada por computador e ao acesso ao conhecimento.

Sabe-se que estudantes aprendem mais quando se envolvem ativamente no aprendizado do que quando as informações são apenas transmitidas pelo professor e o aluno

adota uma atitude passiva (Xavier e col., 1986). Não surpreende, portanto, que uma das estratégias para favorecer o ensino baseia-se na construção de modelos e demonstrações (Rao e DiCarlo, 2001), o que parece particularmente efetivo para ciências biológicas. Isso pode ser explicado pelo fato da compreensão dos processos biológicos ser, muitas vezes, dificultada pela grande complexidade dos sistemas estudados. Existem evidências de que o uso de modelos pode ser mais eficiente que o uso de objetos reais para auxiliar na compreensão de conceitos complexos (Úden, 2004). Assim, o ensino mediado por computador parece uma opção adequada para o ensino de fisiologia, já que ele permite a modelagem de sistemas multifacetados e a simulação de processos complexos, que seriam de difícil compreensão através de estratégias tradicionais de ensino. Muitas simulações foram criadas para o ensino em neurociência e potencial de ação em particular e estão disponíveis para o público (McGrath e col., 2003).

Acredita-se que o ensino por meio de modelos e demonstrações leva a um aumento da capacidade de interpretar e solucionar problemas; conseqüentemente, educadores são encorajados a criar um ambiente de ensino no qual o aluno seja estimulado ativamente. Rao e DiCarlo (2001) compararam o desempenho de alunos de nível universitário pertencentes a duas classes diferentes em testes sobre fisiologia respiratória. Os alunos de uma das classes foram submetidos a aulas tradicionais enquanto os da segunda foram expostos a estratégias de ensino que requeriam sua participação ativa, como por exemplo a utilização de lâminas e água para demonstrar as propriedades de tensão superficial da água. Os resultados indicaram que os alunos submetidos à segunda abordagem de ensino obtiveram desempenho significativamente melhor no teste de fisiologia respiratória que os alunos da primeira classe. Ressalta-se assim a importância da aplicação de estratégias de ensino que estimulam ativamente os alunos por meio de modelos e demonstrações.

Microcomputadores possuem grande potencial para ensino de fisiologia graças a facilidade de se mostrar estruturas ou processos complexos e de se simular efeitos de manipulações experimentais. Existem, no entanto, poucas evidências significativas quanto a real efetividade dessa tecnologia como instrumento de ensino (Rawson e Quinlan, 2002). Rawson e Quinlan (2002) utilizaram um programa criado pelo primeiro autor para ensino de fisiologia. Alunos universitários foram submetidos a dois testes diferentes de múltipla escolha,

um anterior e outro posterior a aplicação do programa. A utilização do programa ocorreu em duplas, o que permitiu a discussão de idéias entre os alunos e dessa maneira colaborou para a construção dos conceitos. Além disso, o programa permitiu o acesso na medida desejada pelo próprio usuário, que pôde aplicar seu próprio ritmo. A pontuação dos alunos passou de cerca de 53% de respostas corretas no primeiro teste para cerca de 74% no segundo. O trabalho descrito não teve como objetivo comparar o desempenho dos alunos em relação às aulas tradicionais e por intermédio do computador, mas apresenta uma descrição detalhada da interação dos alunos com o programa, quais as suas dificuldades e as qualidades do material que favoreceram a aprendizagem. Os alunos foram questionados e entrevistados, reportando que o programa os ajudou na construção de seu próprio conhecimento, sendo a possibilidade de interação com um colega um fator de grande importância para a melhora no desempenho. Os autores não descartam a possibilidade dos mesmos resultados serem obtidos utilizando metodologias de ensino mais tradicionais.

McGrath e colaboradores (2003) desenvolveram um programa para ensino de neurofisiologia denominado Neurolab para alunos pertencentes a programas de graduação. Neurolab permite fazer simulações sobre excitabilidade de células nervosas, assim os alunos podem realizar experimentos, medir potenciais de ação da membrana, determinar o limiar do potencial, examinar os efeitos de alterações na permeabilidade da membrana, entre outras possibilidades. Neste estudo, todos os alunos foram expostos a aulas sobre biociências, incluindo conteúdos sobre o sistema nervoso, e sessões de plantões de dúvidas nas quais podem buscar auxílio a respeito do assunto abordado em aula. Parte dos alunos recebeu, além das aulas regulares, a sessão de plantão de dúvidas associada à utilização do Neurolab. Estes alunos obtiveram maiores pontuações em teste de múltipla-escolha sobre potencial de membrana que os alunos que não foram expostos ao programa. Para avaliar a aceitação do Neurolab os alunos responderam a um questionário com perguntas relacionadas a (1) efetividade do programa em proporcionar uma experiência de aprendizado satisfatória, (2) como sua utilização melhorou a compreensão sobre funcionamento do neurônio e (3) se haveria interesse no acesso a mais materiais como este de ensino mediado por computador. Os resultados mostraram que houve grande aceitação do programa e os alunos acreditam ter melhorado seu conhecimento sobre funcionamento do neurônio pela experiência com o

programa. Um indício do interesse dos alunos neste tipo de material foi demonstrado pelos resultados do questionário, no qual a maior parte dos alunos respondeu que achava relevante a criação de mais materiais para ensino mediado por computador. Através do uso intenso de recursos multimídia, incluindo animações, áudio, gráficos e textos, Neurolab foi capaz de capturar o interesse dos alunos, transmitindo conhecimento de maneira eficiente.

Goldberg e McKhann (2000) compararam a efetividade do ensino de neurofisiologia introdutória através da aplicação de software e por aulas tradicionais para alunos universitários. O mesmo professor foi responsável pela apresentação da aula tradicional e pela aplicação do programa, sendo que a segunda estratégia foi chamada de “virtual learning environment” (VLE). Mais uma vez a utilização de animações foi mais eficiente que a apresentação de figuras estáticas para descrever os processos fisiológicos. Os resultados mostraram que alunos submetidos ao VLE obtiveram melhores resultados nos exames em relação àqueles que tiveram aulas tradicionais. Os alunos foram então questionados quanto a preferência pelas aulas convencionais ou pelo VLE e quanto a efetividade da segunda como estratégia de ensino. A análise dos resultados indica que o VLE foi mais eficiente que as aulas tradicionais. Houve ainda grande preferência pelo VLE às aulas tradicionais. Apesar dos resultados obtidos serem positivos, um problema descrito pelos alunos expostos ao VLE foi a impossibilidade de interagir com um palestrante durante a apresentação. Este ponto não deve ser ignorado. Pode-se sugerir que tal resposta seja resultado da comparação com a visão idealizada de uma aula convencional. Talvez a implementação de salas de bate-bapo ou seminários, reduzisse esta limitação do VLE, mas não se pode esperar que os tais sistemas eletrônicos substituam completamente a interação entre professor e aluno.

Os trabalhos descritos anteriormente demonstram a eficiência do ensino mediado por computador para aplicação em universidades. No entanto, nenhum trabalho discute a potencial aplicação deste instrumento para alunos do Ensino Médio. Alunos de ensino médio muitas vezes apresentam dificuldades para compreender conceitos de neurofisiologia ministrados nas aulas de biologia. Isso se deve principalmente a complexidade do conteúdo e sua natureza integrativa de conteúdos de diferentes disciplinas, o que exige grande capacidade de abstração para visualização de processos dinâmicos. A apresentação de ilustrações em livros didáticos

busca facilitar a transferência desses conceitos; no entanto, imagens estáticas não são as mais adequadas para mostrar as etapas de uma cadeia de reações.

A apresentação do conteúdo de neurofisiologia por meio de animações pode ser uma alternativa mais adequada para demonstrar a dinâmica dos processos fisiológicos, de forma a facilitar a visualização e, conseqüentemente, a compreensão dos conceitos e também ressaltar que se tratam de processos dinâmicos.

Além das possíveis vantagens da animação em relação a imagem estática, o ensino mediado por computador pode ser uma estratégia que se adéqua melhor à nova geração de alunos que são, de acordo com Prensky (2005), capazes de processar informações mais rapidamente e também mais eficientes ao executar múltiplas tarefas simultaneamente; na realidade, esta nova geração **exige** que as informações sejam apresentadas de maneira muito mais dinâmica e rápida, caso contrário, ficam entediadas (Prensky, 2005).

De acordo com Prensky (2005), o ensino baseado em jogos digitais se fundamenta basicamente em duas premissas-chave. A primeira é que os estudantes de hoje são diferentes devido a exposição à tecnologia durante o crescimento, principalmente ao computador e a vídeo games. A segunda premissa é que os jogos de computador fornecem uma nova forma de motivação para os alunos aprenderem. Ainda segundo Prensky (2005), o sistema educacional foi desenvolvido para alunos da geração anterior e, por essa razão, já não é mais adequado aos alunos atuais, estudantes que são diferentes em alguns aspectos básicos. De acordo com Prensky (2005), alunos atuais:

- (1) são capazes de processar informações mais rapidamente;
- (2) se sentem mais confortáveis fazendo múltiplas tarefas simultaneamente que seus antecessores;
- (3) estão mais acostumados com acesso descontínuo às informações por meio da internet, e não são limitados por um pensamento linear único;
- (4) são primariamente visuais, sendo o texto aquele que deve vir associado à imagem para lhe dar uma explicação e não o contrário;
- (5) exibem menor tolerância às palestras e às atitudes passivas de sala de aula; e
- (6) vêem a tecnologia como algo familiar que não representa um obstáculo ao aprendizado.

Os computadores permitem a criação de ferramentas de ensino que provavelmente serão mais adequadas para estudantes dessa nova geração que as técnicas tradicionais. A possibilidade de construção de programas (“softwares”) baseados em imagens dinâmicas e interatividade que requer uma atitude mais ativa do aluno são características de uma estratégia de ensino que pode ser mais estimulante e motivadora.

Existe um grande incentivo em todo o mundo à educação mediada por computador, incluindo o ensino à distância. O atual quadro tecnológico de telecomunicação e computação tem melhorado a relação custo benefício para a implantação deste tipo de estratégia de ensino. No Brasil, este tipo de dinâmica ainda dá seus primeiros passos (Loyolla e col., 1998) e demonstra-se relevante dado seu potencial multiplicador em proporcionar ensino de qualidade para todos, inclusive capacitando professores a abordar conteúdos que em outras situações seriam complicados. Embora a educação à distância, mediada por computador, tenha grande valor para a sociedade como estratégia de ensino, no presente trabalho essa tecnologia será entendida como mais um dos recursos a serem integrados ao projeto pedagógico das escolas como mediadores do processo educativo. Assim, a utilização dessas tecnologias não implica em considerar desnecessária a figura do professor como mediador do processo ensino-aprendizagem (Oliveira, 2001).

1.2. Abordagem cognitiva no ensino mediado por multimídia

Ambientes virtuais de instrução vem ganhando reconhecimento como ferramentas de grande potencial para ensino e por essa razão existe uma preocupação em se compreender mais profundamente os princípios cognitivos do ensino mediado por computador. Em uma abordagem cognitiva sobre o ensino, Mayer (2002) propõe a teoria do processamento duplo da memória operacional (Dual-Processing Theory of Working Memory), que se baseia em três suposições:

- a) memória operacional possui duas vias separadas de processamento, uma visual outra auditiva, análogas ao modelo de memória operacional de Baddeley (1998 *apud* Mayer 2002);

- b) somente pequenas unidades de informação podem ser processadas concomitantemente em cada canal; e
- c) aprendizado significativo ocorre quando há retenção de informações relevantes em cada arquivo, organização os dados em representações coerentes e a criação de conexões entre as representações correspondentes em cada arquivo na memória de longa duração.

Memória operacional seria necessária para armazenamento e manipulação temporária de informações, enquanto elas são úteis (Baddeley, 1992). Sua capacidade seria limitada. No modelo de memória operacional originalmente proposto foram incluídos três sub-componentes: (i) a central executiva, ou sistema de controle atencional (S.A.S.); (ii) a alça visuo-espacial que manipula informação visual; e (iii) a alça fonológica, que armazena e ensaia informações verbais (Figura 1). Posteriormente, Baddeley (2000) incorporou um quarto componente, o retentor episódico, cuja função seria intermediar o processo de transferência de conteúdos da memória operacional para a memória declarativa.

Figura 1. Modelo de memória operacional proposto por Baddeley (2000). As áreas em cinza representam os componentes atencionais (SAS) e de retenção temporária de informação (alça visuo-espacial, retentor episódico e alça fonológica) e as áreas em branco, os sistemas de retenção de longa duração (adaptado de Baddeley, 2000).

1.2.1. Efeito da atenção dividida (ou “Split Attention Effect”)

Admitindo-se que existam duas vias de processamento, uma envolvendo informação visual e outra envolvendo informações fonológicas como ocorreria o processamento na

memória operacional? Admite-se que um texto escrito será processado inicialmente na forma de informação visual e então traduzido em sons na memória operacional auditiva. Assim, para uma determinada informação, espera-se que o desempenho de estudantes seja melhor se o conteúdo verbal for apresentado de forma auditiva e complementar a informação visual.

Estudantes foram expostos a animações, uma sobre o funcionamento de freios de carro e outra sobre formação de raios, em duas condições: animação com texto em tela, simultaneamente, e animação com narração. O desempenho dos alunos foi avaliado por meio de testes de retenção, emparelhamento e transferência. Os resultados obtidos apóiam a hipótese de que o desempenho dos alunos submetidos à animação com narração foi superior a do outro grupo, exposto à animação com texto na tela, supostamente porque neste último há uma competição da animação e do texto pelos recursos de processamento da alça visuo-espacial; em outras palavras, a retenção de informações simultaneamente nas alças visual e auditiva facilita a formação de conexões entre as representações mentais construídas (Mayer e col., 1998), ao passo que a manutenção de informações da mesma modalidade sensorial simultaneamente prejudica seu arquivamento, ressaltando a capacidade limitada dessas alças de processamento de informação.

Os efeitos da atenção dividida referem-se a uma série de processos de naturezas cognitivas distintas, que serão descritos a seguir. Estes conceitos derivaram de uma compilação de dados obtidos em trabalhos desenvolvidos por Mayer e colaboradores (2002) nos quais foram realizados experimentos utilizando programas de ensino em diferentes condições, com o objetivo de determinar as contribuições da teoria do ensino mediado por multimídia.

1.2.1.1.Princípio da contigüidade espacial

Estudantes devem ter melhor desempenho quando imagem (animação ou ilustração) e texto são apresentados próximos um do outro do que quando são apresentados afastados. Quando texto e imagem são apresentados afastados, estudantes comprometem recursos cuja capacidade seria limitada buscando a parte da animação correspondente ao descrito no texto (Moreno e col., 1999).

1.2.1.2.Princípio da contigüidade temporal

Alunos devem ter melhor desempenho quando animação (ou ilustração) e narração (ou texto) são apresentadas simultaneamente do que quando são apresentadas separadamente no tempo. Quando a descrição correspondente à imagem e a própria imagem estão simultaneamente na memória operacional o aluno é capaz de construir conexões entre as representações mentais mais facilmente (Moreno e col., 1999).

1.2.1.3.Princípio da modalidade

Estudantes têm melhor desempenho quando animação é apresentada com narração do que com texto em tela. Quando descrições por meio de texto e imagens são apresentadas concomitantemente essas informações competem pelos recursos de processamento da alça visuo-espacial da memória operacional, que então fica sobrecarregada. Em contraste quando descrições são apresentadas na forma de narração, ou seja, de forma auditiva e imagens de forma visual, é menos provável que ocorra sobrecarga facilitando a retenção e as construções de conexões entre representações em cada via de processamento (Moreno e col., 1999).

1.2.1.4. Princípio da coerência

Acredita-se que adicionando textos e vídeos estimulantes a apresentação torne-se mais interessante e, de acordo com a "teoria da emoção", a diversão leva o aluno a se dedicar à compreensão do conteúdo. No entanto, os trabalhos de Mayer e colaboradores (2001) indicam que estudantes têm melhor desempenho quando imagens e descrições relevantes são apresentadas sem associação com informações irrelevantes na forma de textos, sons ou vídeos. Os alunos podem deslocar recursos cognitivos para as informações irrelevantes restando menos recursos para formação de conexões entre trechos relevantes de descrições e imagens (Mayer e col., 2001).

1.2.1.5. Princípio da redundância

É comum sugerir a adição de textos redundantes a animações narradas. Imagina-se que dessa forma a apresentação pode acomodar aqueles que preferem processar as palavras visualmente ou auditivamente. Propõe-se que cada modalidade sensorial constitui uma via de recebimento da informação; assim, acredita-se que duas modalidades sejam melhores que uma. No entanto, Mayer e colaboradores (2001) obtiveram resultados indicando que alunos aprendem melhor quando são apresentadas animação e narração somente do que quando são apresentados animação, narração e texto em tela, pois este último compete com animação pelos recursos de processamento. Esse resultado segue o mesmo raciocínio dos princípios da modalidade e coerência. A memória operacional pode ficar sobrecarregada e recursos cognitivos podem ser alocados para a informação "a mais" reduzindo a quantidade de recursos para a criação de conexões (Mayer e col., 2001)..

1.2.1.6. Papel da habilidade visuo-espacial

A possibilidade de se beneficiar com instruções mediadas por animação depende de habilidades espaciais. A habilidade visuo-espacial consiste na capacidade de manipular mentalmente objetos ou imaginar trajetos e movimentos de objetos. Mayer e colaboradores (1994) propuseram duas hipóteses para os efeitos da habilidade visuo-espacial:

(a) *Habilidade como compensador*: alunos com alta habilidade espacial devem ser capazes de construir referências entre informação verbal e imagética quando apresentadas simultaneamente ou seqüencialmente. Em contraste, estudantes com baixa habilidade visuo-espacial devem ser capazes de formar referências entre informação imagética e verbal mais facilmente quando expostos simultaneamente a essas informações do que seqüencialmente. Se habilidade visuo-espacial compensa a apresentação não sincronizada, espera-se que haja grande efeito de contigüidade para alunos com pouca habilidade espacial, mas não para alunos com grande habilidade.

(b) *Habilidade como acentuador*: estudantes com pouca habilidade espacial precisam dedicar mais recursos cognitivos para a construção de representações mentais que alunos com grande habilidade espacial. Dessa forma os primeiros possuiriam menor quantidade de

recursos cognitivos disponíveis para a criação de conexões de referência entre representações visuais e auditivas. Neste contexto, alunos com grande capacidade visuo-espacial devem ser capazes de se beneficiar com a instrução simultânea, pois podem dedicar recursos cognitivos extra para a construção de conexões de referência. Em contraste, alunos com baixa habilidade espacial seriam incapazes de alocar os recursos necessários para a construção de conexões de referência. Se habilidade visuo-espacial aumenta os efeitos da instrução coordenada (animação com narração), então deve haver grande efeito de contigüidade para alunos com alta habilidade, mas não para os de baixa habilidade.

Os resultados do trabalho de Mayer e colaboradores (1994) indicam que o efeito da apresentação concomitante da animação com narração foi grande para alunos com alta habilidade visuo-espacial, mas não para alunos com baixa capacidade visuo-espacial. A habilidade parece atuar como acentuador.

1.2.1.7. Papel da experiência prévia

Alunos que possuem conhecimentos prévios a respeito do conteúdo abordado devem ser capazes de fazer associações entre as informações armazenadas na memória de longa duração, com apresentação de animação ou narração, mais facilmente que alunos sem essas experiências prévias. Assim, postula-se que alunos com conhecimento prévio devem ter melhores benefícios da apresentação concomitante de animação e narração (Mayer e col., 1994).

1.3. Transposição didática, o texto e a imagem

1.3.1. Transposição didática

Existem diferenças fundamentais entre o conteúdo ensinado em sala de aula e aquele que é produzido pelos cientistas. A constatação de que um conhecimento produzido originalmente difere daquele ensinado na escola implica em aceitarmos que existem processos modificadores desse conhecimento (Alves Filho, 2000). Esses processos transformadores estão descritos no conceito de transposição didática, descrito por Ives Chevallard e Marie-Alberte Johsua (1982) no trabalho “*Un exemple d’analyse de la transposition didactique – La*

notion de distance” (apud Alves Filho, 2000). Pela transposição didática, saber científico sofre um processo de transformação ao se tornar conhecimento ensinável no espaço escolar (Marandino, 2004).

A transposição didática pode ser representada pelas transformações no seguinte esquema:

(adaptado de Alves Filho, 2000)

Os saberes sábio, a ensinar e ensinado são determinados pelas atividades da esfera à qual pertencem, sendo que cada esfera é composta por diferentes representantes da sociedade e formas de organização. Assim, em cada nível, o produto do conhecimento submete-se às regras que o legitimam e as práticas sociais presentes servem como guia no processo de transposição (Alves Filho, 2000).

O saber sábio representa o conhecimento de referência para o processo de transformação da transposição didática. Esse conhecimento é resultado da pesquisa científica, produzido de acordo com as regras estabelecidas pelo estatuto da sua comunidade a qual pertence. Essa esfera é composta principalmente pelos intelectuais e cientistas que constroem o conhecimento científico (Alves Filho, 2000).

A primeira etapa no processo de transposição consiste na transformação do saber sábio em saber a ensinar. Este saber a ensinar é aquele entendido como conteúdo escolar e é regido por outro estatuto (Alves Filho, 2000). Nesta transposição os conteúdos do saber sábio passam a ser representados em uma seqüência atemporal e lógica, em ordem crescente de complexidade e o conteúdo científico é desvinculado do contexto no qual se originou (Lavander, 2008). Para Chevallard (1991) o ensino de um determinado elemento do saber só será possível se esse elemento sofrer certas “deformações” para que esteja apto a ser ensinado (apud Marandino, 2004). Segundo Marandino (2004), essas transformações não constituem meras *adaptações* ou *simplificações* do conhecimento, mas podem ser analisadas na perspectiva de compreender a produção de novos saberes.

A transposição didática do saber sábio em saber a ensinar se traduz por meio da elaboração de livros texto e manuais de ensino, voltados principalmente para estudantes universitários. Alguns autores consideram somente os livros didáticos voltados para ensino superior produtos da transposição didática “de fato”, sendo os livros didáticos para o ensino médio produtos de simplificações na linguagem do conteúdo destinado aos universitários.

Na sala de aula emerge o saber ensinado fruto da transformação do saber a ensinar. Os principais elementos dessa segunda etapa de transposição são o professor, o material didático com o qual vai trabalhar e os alunos (Lavander, 2008). Nesta etapa é evidente a interferência das concepções pessoais do professor, dos interesses e opiniões da administração da escola, dos alunos e da comunidade em geral (Alves Filho, 2000). É interessante notar como o “tempo real” de construção do conhecimento se transforma no “tempo didático” e se manifesta na sala de aula, séculos de conhecimento acumulados sendo ensinados em períodos de horas (Alves Filho, 2000).

1.3.2. O texto

A aprendizagem da criança na escola está fundamentada na leitura e esse tipo de interação, leitor com o interlocutor, é essencial para a aprendizagem (Kleiman, 1995). Um adulto consegue produzir e compreender sua língua nativa rapidamente e sem esforço, são ações que podem ser combinadas com diversas atividades com poucos prejuízos detectáveis à linguagem (Gathercole e Baddeley, 1993). A capacidade de desenvolvimento extenso da linguagem em humanos tem sido atribuída à habilidades inatas especializadas na aquisição e processamento de linguagem (Gathercole e Baddeley, 1993) e existem estratégias cognitivas para realizarmos uma leitura e compreendermos seu conteúdo. Segundo Bernardes (2003), pensar em leitura e escrita implica em enfrentar as dificuldades da interação no momento de produzir um texto: com quais palavras irei produzir um texto? Como colocá-las numa ordem tal que seja possível redigi-las de forma inteligível? Para tornar o texto (ou discurso) compreensível para um outro, tenho que dispor de todas as leis que regem o material verbal da interação dos interlocutores. Aquele que escreve antecipa, na própria geração do texto, os movimentos daquele que um dia irá tê-lo em suas mãos. Antes de chegar às mãos do leitor, o texto já passou por uma série de transformações que envolvem o processo de criação, pelo

autor/escritor, de sua obra: passagem da linguagem interior para enunciação externa (Bernardes, 2003). Por essa razão, no processo da transposição didática é importante ter consciência daquele que um dia vai ler o seu texto ou ouvir seu discurso.

Baseando-se em processos cognitivos Kleiman (1995) descreve algumas estratégias que contribuem para a clareza de um texto. É evidente a importância dos conhecimentos prévios para a leitura: o leitor utiliza toda sua bagagem de conhecimentos adquiridos ao longo de sua vida para construir um texto com sentido; através dos elementos formais do texto, o leitor pode fazer as ligações necessárias para a construção de um contexto. A partir destas considerações, Kleiman (1995) destaca a relevância da correta contextualização do conteúdo e um bom encadeamento entre os elementos do texto (frases e parágrafos). Uma vez que a leitura é feita a partir da formulação de hipóteses e geração de expectativas, o contexto correto e um encadeamento claro entre parágrafos facilitariam a construção de associações adequadas do conteúdo. Uma maneira de ajudar no estabelecimento claro da temática de um texto é a definição de um título adequado, que se relacione facilmente ao tema central.

Outro aspecto levantado por Kleiman (1995) é o cuidado com o uso de palavras desconhecidas, termos ambíguos ou com múltiplos significados, levando em consideração o nível de conhecimento do assunto que seu leitor deve possuir para não fazer interpretações equivocadas do texto. Para Bloom (1973), ao escolher os símbolos o autor não deve impor ao aluno carga maior do que ele realmente necessite. *“Na aprendizagem de conceitos científicos, é preciso admitir que os jargões técnicos e a linguagem científica não constituem os únicos fatores envolvidos nessa construção; entram neste jogo outras linguagens, principalmente a utilizada no cotidiano”* (Lavander, 2008, p.89).

1.3.3. A imagem

Os benefícios de estratégias mnemônicas envolvendo a memória visual em tarefas de memorização, em oposição à memorização por repetição verbal, foram estabelecidas por Paivio (1971) e Bowler (1970) (*apud* Gathercole & Baddeley, 1993). Livros didáticos de biologia apresentam uma quantidade de desenhos usualmente superior: sua função é de tornar a informação mais clara. Desenhos presentes nas obras de divulgação e ensino parecem a

forma mais eficaz de formatação de imagens destinadas à comunicação dos conhecimentos científicos (Bruzzo, 2004).

De acordo com Bruzzo (2004), existiu uma corrente que desqualificava as imagens, destacando o caráter verbal, conceitual, da ciência e apresentando restrições em relação ao valor das representações gráficas. Pressupõe-se que a imagem deve vir acompanhada de um texto que lhe dará sentido. Sendo assim, parece que às imagens falta algo substancial. No entanto, as imagens, assim como as palavras, são suspeitas, pois cada um traz em si uma concepção do mundo e não é tão fácil com isso desembaraçar-se dela. Toda reflexão sobre a natureza exige reconhecimento das dificuldades em se expressar uma percepção objetiva do mundo (Bruzzo, 2004).

Ainda segundo a autora supracitada, as ilustrações apresentam uma série de vantagens; considera-se que uma adequada apresentação gráfica pode substituir páginas de texto, pois elas permitem:

- (1) simplificar a representação de partes complexas;
- (2) enfatizar detalhes na imagem e isolar aspectos essenciais;
- (3) eliminar aspectos que podem distrair;
- (4) apresentar síntese de hipóteses; e
- (5) representar séries de operações empregadas na realização de uma experiência.

1.4. A Taxonomia de Bloom

A Taxonomia proposta por Bloom (1973) fornece um sistema de classificação de objetivos educacionais através de uma abordagem psicológica que inclui três componentes: o cognitivo, o afetivo e o psicomotor. O domínio cognitivo inclui os objetivos vinculados à memória ou reconhecimento e ao desenvolvimento de capacidade e habilidades intelectuais. O domínio afetivo compreende objetivos que descrevem mudanças de interesse, atitudes e valores e o desenvolvimento de apreciações. Já o domínio psicomotor inclui objetivos referentes às habilidades manipulativas motoras. A ênfase do presente trabalho recai sobre o domínio cognitivo.

A taxonomia do domínio cognitivo apresenta seis classes ordenadas por níveis de complexidade e abstração:

- 1) o primeiro nível, o **conhecimento**, envolve a evocação da memória, por reconhecimento ou recordação de unidades de informação (fatos, símbolos...) e maneiras de tratar estas unidades (formas organizar, estudar...);
- 2) o segundo nível corresponde a **compreensão**, que se refere a um tipo de entendimento no qual o indivíduo conhece o que está sendo comunicado e pode fazer uso disso, sem necessariamente relacioná-lo a outro material ou perceber suas implicações completas. Há capacidade de transformar a comunicação de uma forma para outra, de reordenar uma nova visão do material e capacidade de predizer além dos dados fornecidos (deduzir conseqüências ou implicações);
- 3) o nível da **aplicação** consiste no uso de abstrações para solução de problemas concretos e particulares;
- 4) no nível da **análise** há o desdobramento da comunicação em suas partes constituintes, tornando claras as relações entre as idéias, permitindo distinguir fatos de hipóteses e reconhecer padrões;
- 5) o nível da **síntese** consiste na recombinação das partes e elementos em um todo, constituindo uma estrutura que antes não estava evidente; e
- 6) o último nível é o da **avaliação** que envolve julgamento qualitativo ou quantitativo acerca da medida em que material e métodos satisfazem os critérios determinados. Isto permite verificar a precisão lógica e consistência da comunicação.

No presente trabalho almeja-se atingir os dois primeiros níveis do domínio cognitivo expressos na taxonomia de Bloom (1993) pela aplicação do software desenvolvido. O programa deve facilitar a memorização dos elementos fundamentais do conteúdo, processos fisiológicos descritos e os principais símbolos deste conhecimento. Além disso, a compreensão do conteúdo deve ser facilitada pela associação de textos e animações. Não parece viável, neste estágio, verificar o verdadeiro grau de compreensão dos alunos, da maneira proposta por Bloom (1973). Assim, não houve pretensão de utilizar essas categorias de forma rígida, mas apenas elementos norteadores da discussão sobre os principais objetivos de ensino deste trabalho.

As novas tecnologias permitem construção e divulgação de aplicativos cada vez mais completos e visualmente mais sofisticados, características essenciais de ferramentas de ensino, de forma relativamente simples. Este cenário é uma oportunidade para fornecer conhecimento e divulgar a ciência de forma ampla. Seria um erro ignorar as novas estratégias de ensino possíveis com o avanço tecnológico. Há uma crescente necessidade de se produzir ferramentas e estudar os princípios da educação mediada por computador, para garantir a qualidade dessa modalidade de ensino.

1.5. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um programa de computador para ensino de neurofisiologia, contendo conceitos básicos que incluem estrutura do neurônio, mecanismos de funcionamento do potencial de membrana e potencial de ação, a condução do impulso nervoso e sinapse, para aplicação na educação à distância, assim como para auto-educação e mesmo como apoio ao professor em sala de aula. Avaliou-se sua aceitação e efetividade para alunos do Ensino Médio e Ensino Superior e professores do Ensino Médio.

2. Material e métodos

2.1. O programa

Tendo em mente as considerações apresentadas acima sobre transposição didática e abordagem cognitiva do ensino mediado por computador, desenvolvemos um programa de computador contendo animações e imagens associadas a textos que descrevem processos fisiológicos e conceitos básicos para ensino de neurofisiologia para alunos do ensino médio e divulgação de ciência.

Para a construção deste aplicativo foi utilizado o recurso *Flash* (da Adobe®) de programação e animação que permite criar arquivos auto-suficientes em formato executável, que podem ser disponibilizados na Internet e visualizados sem a necessidade de instalação do software específico no computador. Este recurso evita problemas na instalação e visualização do arquivo, facilitando a utilização do programa pelos usuários. Outra vantagem da utilização deste recurso baseia-se nas limitações de acesso a conexões de banda larga. Considerando

que no Brasil o acesso a conexões de alta velocidade é restrito, os arquivos disponibilizados na rede devem possuir tamanhos relativamente pequenos para que os alunos possam copiá-los rapidamente durante o acesso à rede. As animações criadas em *Flash* utilizam construções matemáticas baseadas em vetores, o que reduz o tamanho dos arquivos. O programa está disponível na página do Laboratório de Neurociência e Comportamento em [<http://www.ib.usp.br/labnec/>], clicando em **Publicações** e, em seguida, na pasta **Aulas Virtuais de Neurociência**. O programa, com o nome [**Neurônio – Potencial de Membrana – Potencial de Ação – Condução do Impulso Nervoso – Sinapse – Autor André Kanamura.exe**], está em formato executável e deve ser salvo no computador antes de ser iniciado.

2.1.1. Sobre os conceitos abordados no programa

A utilização do aplicativo deve permitir ao aluno/usuário compreender os seguintes conceitos:

- A unidade básica do sistema nervoso é o neurônio;
- No repouso, neurônios mantêm uma diferença de potencial elétrico (voltagem) entre o interior e o exterior da célula que corresponde a um estado de equilíbrio dinâmico em um processo que envolve gasto de energia;
- Os neurônios transmitem informações por meio de impulsos elétricos, que correspondem a alterações transitórias na voltagem da membrana, que se propagam pela sua superfície;
- Esses impulsos elétricos são gerados a partir da alteração do estado de equilíbrio dinâmico acarretando em mudanças na voltagem da membrana associado ao fluxo de íons sódio e potássio (principalmente) através da membrana (o potencial de ação);
- A bomba de sódio e potássio e a permeabilidade seletiva da membrana são responsáveis pela geração e manutenção da diferença de potencial de membrana;

- A propagação do potencial de ação na superfície do neurônio ocorre pela sua regeneração nas circunvizinhanças da membrana nos axônios não mielinizados ou no nódulo de Ranvier nos axônios mielinizados;
- A comunicação entre neurônios ocorre por meio de sinapses químicas ou elétricas; as primeiras envolvem a liberação de substâncias químicas na fenda sináptica (espaço entre dois neurônios), denominadas neurotransmissores, que se ligam a receptores específicos na membrana pós-sináptica; as últimas ocorrem por meio de junções comunicantes;
- Neurotransmissores são “empacotados” em vesículas que são transportadas até uma região ativa de liberação onde se fundem com a membrana pré-sináptica liberando seu conteúdo, os neurotransmissores, por exocitose, na fenda sináptica; estes neurotransmissores lançados na fenda sináptica podem se ligar a receptores na membrana pós-sináptica do neurônio pós-sináptico podendo provocar alterações metabólicas ou iônicas. Estas podem levar a alterações na voltagem do neurônio pós-sináptico, contribuindo para o desencadeamento de um potencial de ação.

2.1.2.Sobre a abordagem do conteúdo

O conteúdo será abordado a partir da unidade básica do sistema nervoso, o neurônio e células de suporte, suas características estruturais e funcionais. Após a caracterização destes componentes é discutida a permeabilidade seletiva da membrana plasmática e a bomba de sódio e potássio, propriedades que permitem a geração do potencial de membrana. A partir deste conceito serão discutidos a geração do estado de equilíbrio dinâmico e o potencial de ação, finalizando a primeira parte do programa. A seguir, são abordadas a propagação do potencial de ação ao longo da membrana plasmática, a condução saltatória e a sinapse. Após a compreensão dos conceitos abordados na primeira etapa do programa o aluno é encaminhado para a segunda parte. A configuração do programa em duas etapas permite sua aplicação em duas aulas distintas, caso o tempo disponível em uma aula não seja suficiente para a navegação completa pelas duas etapas. Ao longo do programa foram inseridas perguntas que impedem que o usuário prossiga sem responder devidamente as questões

apresentadas. Esta estratégia permite aos usuários avaliarem seu desempenho e refletir sobre os conceitos apresentados.

Os textos elaborados exibem estrutura *expositiva* semelhante a de textos científicos. A ênfase é temática i.e., está nas idéias e não nas ações. A estrutura expositiva está organizada em componentes ligados entre si por relações lógicas como premissa e conclusão, problema e solução, tese e evidência, causa e efeito, analogia, comparação, definição e exemplo. O texto é argumentativo, buscando adesão e consenso mediante apelo racional, utilizando sempre uma linguagem que abre espaço para refutação (Kleiman, 1995).

2.2. Metodologia da aplicação e de análise dos resultados

2.2.1. Aplicação em Alunos do Ensino Médio

Em 2004, o programa (em anexo) foi aplicado em 215 alunos do Colégio Santa Cruz (uma escola particular), em 2005, em 60 alunos da Escola de Aplicação da USP (uma escola da rede pública) e em 236 alunos do Colégio Santa Cruz, e em 2006, em 213 alunos do Colégio Santa Cruz. Os alunos foram instruídos a se dirigirem à sala de informática onde teriam uma aula com auxílio do computador. Em 2004 não foi ministrada qualquer aula introdutória ao tema de forma que o assunto (sistema nervoso) foi apresentado pela primeira vez aos alunos através do programa. Já em 2005 e 2006, os alunos foram expostos a uma aula introdutória sobre neurofisiologia com conteúdo não presente no programa. Este procedimento foi adotado pois os alunos sentiam-se mais a vontade estudando um tema ao qual já haviam sido apresentados, embora a aula introdutória e aula envolvendo o programa não contivessem o mesmo conteúdo.

Depois do uso do programa, os alunos responderam a dois questionários, um envolvendo questões para avaliar a compreensão do conteúdo (Anexo 1), que também serviu como um **roteiro** de aula para os alunos, e outro com o objetivo avaliar a clareza das animações e textos e facilidade de uso do programa (Anexo 2).

Para se avaliar o aproveitamento do conteúdo, questões envolvendo tópicos que abrangem conceitos básicos na neurociência como o potencial de ação, potencial de repouso, neurotransmissor e propriedades da membrana e neurônio foram apresentadas (Anexo 1). Essas questões foram desenvolvidas juntamente com o professor do colégio para melhor se

adequarem aos alunos de ensino médio e tentam avaliar compreensão de conceitos e a capacidade de relacionar diferentes tópicos apresentados no programa. Tentou-se, por meio da análise das respostas dos alunos, avaliar a compreensão dos conceitos abordados.

Adicionalmente, pediu-se aos alunos que respondessem a um formulário de avaliação do programa (Anexo 2) com perguntas sobre a forma, estrutura e facilidade de uso. Diferentemente do roteiro que continha questões sobre o conteúdo (Anexo 1), este formulário teve o objetivo analisar a aceitação do programa e a facilidade da sua aceitação utilização.

Além disso, os alunos foram observados enquanto navegavam pelo programa e suas dúvidas respondidas, o que permitiu identificar os tópicos em que tiveram maiores dificuldades. Ademais, algumas dificuldades na navegação pelo programa foram apontadas diretamente pelos alunos durante sua utilização.

O desempenho dos alunos na avaliação semestral envolvendo o conteúdo de neurociência foi comparado com o de uma turma exposta ao mesmo conteúdo por meio de ensino tradicional, do ano anterior. Isto é, no Colégio Santa Cruz, em 2003, conteúdo de ciências biológicas, incluindo neurociência, foi apresentado por meio de aulas ministradas pelo professor apenas com auxílio de recursos visuais de apresentações de slides em computador. Em 2004, 2005 e 2006, o conteúdo de neurociência foi abordado apenas por meio da aplicação do programa, enquanto os demais conteúdos de ciências biológicas foram apresentados da forma tradicional. Os conteúdos abordados na disciplina em cada ano foram os mesmos. Assim, foi possível comparar o desempenho dos alunos da turma de 2003 com os dos alunos das turmas de 2004 a 2006, tanto em relação ao conteúdo de neurociências como em relação aos demais conteúdos de ciências biológicas, por meio das notas obtidas pelos alunos nos testes referentes a esses diferentes conteúdos. Além disso, foi possível comparar o desempenho dos alunos da mesma turma no conteúdo de neurociência em relação ao seu desempenho nos demais conteúdos abordados na disciplina.

Um teste de Análise de Variância para medidas repetidas (ANOVA) foi utilizado para comparar as notas dos alunos da turma de 2003 com as notas dos alunos das turmas de 2004 a 2006. Vale ressaltar que essa análise foi realizada somente para o desempenho dos alunos do Colégio Santa Cruz, por ter havido consistência na aplicação do programa em anos sucessivos. No teste de ANOVA utilizado para comparar as notas dos alunos da turma de 2003

exposta ao conteúdo de neurofisiologia, com as notas dos alunos da turma de 2004 a 2006 expostas ao conteúdo por meio do programa, o ANO foi tratado como fator entre-sujeitos, com quatro níveis (2003 a 2006). Por outro lado, o desempenho dos alunos no CONTEÚDO de neurociência e nos demais conteúdos da disciplina de ciências biológicas, foi tratado como fator intra-sujeitos, com dois níveis (“neuro” e “geral”, respectivamente).

2.2.2. Grupo Focal

Grupo focal é uma técnica qualitativa de coleta de dados envolvendo um grupo de pessoas selecionadas (Galego, 2005). A principal finalidade desta abordagem de pesquisa é avaliar atitudes e respostas dos participantes do grupo, sentimentos, opiniões e reações a um novo material, idéia ou abordagem (Galego, 2005).

Em junho de 2007, foi realizado um grupo focal, em relação ao programa desenvolvido neste estudo, com a participação de 12 professores do ensino médio da rede pública, e com a colaboração da Diretoria de Ensino Norte 2 de São Paulo. Os professores foram convidados a navegar pelo programa individualmente com uma semana de antecedência para depois realizar a discussão com o grupo. A duração do grupo focal foi de cerca de trinta minutos e a transcrição do discurso encontra-se no Anexo 3. É importante ressaltar que os trechos transcritos correspondem exatamente ao que foi dito pelos participantes, com o intuito de garantir a fidedignidade.

O autor deste trabalho atuou como Moderador da dinâmica do grupo, sendo responsável pela mediação e motivação dos debates. Um Observador registrou impressões sobre a dinâmica do grupo e interferiu durante a discussão quando relevante.

2.2.3. Aplicação no Centro Universitário Fundação Instituto de Ensino para Osasco – FIEO (UNIFIEO)

Apesar do programa ser voltado principalmente para alunos do ensino médio, considerou-se relevante testar sua eficiência para alunos do nível superior, uma vez que esse conteúdo é também ministrado em cursos de fisiologia em universidades. Por essa razão, foi

realizada uma aplicação no Centro Universitário Fundação Instituto de Ensino para Osasco - FIEO.

O programa foi utilizado por duas turmas durante o segundo semestre de 2007. A **turma P** (com 13 alunos) havia cursado a disciplina de Fisiologia Animal I no primeiro semestre de 2007 e a **turma S** (com 10 alunos) cursava a mesma disciplina no segundo semestre de 2007. Ambas as turmas haviam sido expostas ao conteúdo abordado no programa por meio de aulas tradicionais.

Cada turma foi dividida em dois grupos, sendo que um grupo respondeu a um teste antes (Anexo 4) e a um teste depois (Anexo 5) da aplicação do programa (Grupo A-D). Outro grupo foi exposto apenas ao teste depois da utilização do programa (Grupo D). Com o intuito de evitar possíveis influências do primeiro teste sobre o segundo, no Grupo A-D os testes continham questões com o mesmo conteúdo, no entanto, redigidas de formas diferentes, sendo que o segundo apresentava perguntas com redação mais sofisticada que o primeiro. Assim, os testes apresentaram níveis de dificuldade semelhantes e o mesmo conteúdo, limitando, no entanto, eventuais efeitos de repetição pela aplicação do mesmo teste.

Os testes incluem seis questões de múltipla escolha criadas pelo autor deste trabalho ou adaptadas das provas de vestibulares de anos anteriores (de 1994 a 2007). Os testes abordam os principais conteúdos descritos no programa, incluindo estrutura do sistema nervoso (neurônios e células de suporte), estrutura morfológica e função de sinapses, mecanismos de funcionamento do potencial de ação e condução do impulso nervoso.

Os alunos de cada turma foram separados aleatoriamente entre os grupos A-D e D de forma que os grupos tivessem número de integrantes aproximadamente semelhante. Cada aluno realizou os testes correspondentes ao seu grupo e utilizou o programa individualmente. Com o intuito de deixá-los à vontade, não foi solicitado que se identificassem, sugeriu-se apenas que utilizassem um pseudônimo para possibilitar a comparação dos resultados nos testes realizados antes e depois da aplicação do programa. Foi aplicado um teste de Kruskal-Wallis (uma análise de variância não paramétrica) para comparar o desempenho dos alunos dos grupos A-D e D depois do uso do programa e um teste-T não paramétrico pareado para comparar o desempenho dos alunos do Grupo A-D antes e depois do uso do programa.

As duas turmas testadas cursaram a disciplina de “Fisiologia Animal I” em semestres diferentes de 2007, no entanto, foram avaliadas pelo mesmo professor nos exames regulares do curso com provas iguais. Por isso, foi possível realizar uma comparação entre os desempenhos destas turmas nos seus exames, sendo que a turma que cursou a disciplina “Fisiologia Animal I” no primeiro semestre (Turma P), não foi exposta ao programa, e outra turma cursava a mesma disciplina na ocasião da aplicação do programa (Turma S). Como, neste curso de fisiologia, cada turma foi avaliada por meio de duas provas, a Turma S, que ainda cursava a disciplina de fisiologia no mesmo semestre da aplicação, realizou uma das provas antes e outra após a aplicação do programa. A Turma P havia realizado as mesmas provas no semestre anterior. Foi aplicado um teste de análise variância incluindo Turma como fator entre-sujeitos, para comparar o desempenho dos alunos das diferentes turmas nos exames regulares. Vale ressaltar que as duas provas semestrais abordavam conteúdos diferentes, sendo a segunda prova correspondente ao conteúdo abordado no programa.

3. Resultados e Discussão

3.1. Aceitação do programa

A avaliação da aceitação do programa foi realizada no primeiro semestre de 2005 na Escola de Aplicação, e no segundo semestre de 2004, no Colégio Santa Cruz, de acordo com a disponibilidade oferecida pelas escolas. Na Escola de aplicação, apenas 18 dos 60 alunos entregaram os formulários respondidos. Alguns alunos não responderam todas as questões o que se refletiu no número de respostas às questões 6, 8 e 9. No Colégio Santa Cruz foram obtidos 197 formulários, no entanto alguns alunos não responderam todas as questões o que se refletiu no número de respostas às questões 5 e 6. Além disso, um dos alunos assinalou a alternativa “não sei” às questões de 3 a 13 e, por isso, foi desconsiderado na análise dos dados.

As respostas assinaladas pelos alunos de ambas as escolas nos formulários estão descritas nas Tabela 1. Os resultados em porcentagem estão apresentados nas figuras que se seguem.

Tabela 1. Número de respostas assinaladas pelos alunos nas questões de 1 a 13 do formulário de avaliação do programa (A = Concordo plenamente, B = Concordo, C = Não sei, D = Discordo, e E = Discordo plenamente).

	COLÉGIO SANTA CRUZ				
	ALTERNATIVAS				
QUESTÕES	SIM	NÃO			
1. Usa computador em casa?	190	7			
2. A escola possui sala de informática?	195	2			
	A	B	C	D	E
3. O significado dos botões não está claro.	17	22	5	80	72
4. A localização dos botões facilita a utilização do material.	55	124	7	7	3
5. As informações necessárias para o pleno uso do programa estão disponíveis.	44	119	18	10	3
6. Os textos não são legíveis.	10	17	3	100	65
7. As cores são agradáveis.	59	109	14	12	2
8. As imagens quando presentes são agradáveis.	83	97	6	9	1
9. Os textos são claros.	17	103	11	59	6
10. A linguagem utilizada é adequada.	26	124	15	27	4
11. As animações e figuras contribuem para a compreensão do conteúdo.	92	93	3	7	1
12. As animações e figuras estão claras.	61	111	9	14	1
13. O conteúdo foi auto-explicativo, não tenho dúvidas.	11	52	29	84	20
	ESCOLA DE APLICAÇÃO				
	ALTERNATIVAS				
	SIM	NÃO			
1. Usa computador em casa?	13	5			
2. A escola possui sala de informática?	18	0			
	A	B	C	D	E
3. O significado dos botões não está claro.	3	1	2	10	2
4. A localização dos botões facilita a utilização do material.	2	16	0	0	0
5. As informações necessárias para o pleno uso do programa estão disponíveis.	3	10	3	2	0
6. Os textos não são legíveis.	1	2	0	9	5
7. As cores são agradáveis.	4	8	0	6	0
8. As imagens quando presentes são agradáveis.	5	11	0	1	0
9. Os textos são claros.	1	8	2	6	0
10. A linguagem utilizada é adequada.	1	13	1	2	1
11. As animações e figuras contribuem para a compreensão do conteúdo.	5	12	0	1	0
12. As animações e figuras estão claras.	5	6	0	4	0
13. O conteúdo foi auto-explicativo, não tenho dúvidas.	0	3	6	7	2

As respostas às questões 1 e 2 revelam que a maior parte dos alunos já está familiarizada com computadores (Figuras 2 e 3) e, desta forma, as dificuldades enfrentadas devem estar relacionadas com o programa em si e não com a falta de familiaridade com o uso do computador. Em comparação com os dados obtidos no Colégio Santa Cruz, uma parcela maior dos alunos da Escola de Aplicação não possui computador em casa, o que reflete as diferentes condições sócio-econômicas dos estudantes das duas instituições. Apesar disso, a familiaridade com computadores não parece ter afetado as impressões dos alunos em relação ao programa.

Figura 2. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e Escola de Aplicação (em 2005) à questão 1.

Figura 3. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 2.

As questões de 3 a 8 dizem respeito à facilidade de navegação no programa. De maneira geral, o padrão de respostas dos alunos nas duas escolas é semelhante. Parece ter havido falta de compreensão de parcela dos alunos em relação a questão de número 3 (“O significado dos botões não está claro”); alguns alunos assinalaram mais de uma alternativa, revelando sua dificuldade para compreender a questão. É possível que isso tenha ocorrido devido ao fato da pergunta encontrar-se na negativa, de forma que alguns alunos podem ter detectado a negação enquanto outros possivelmente não a detectavam. Não é possível determinar com precisão o número de alunos que compreendeu a questão, tornando difícil a análise deste dado. No entanto, houve uma parcela de alunos que não teve total compreensão do significado dos botões e, por essa razão, o programa sofreu algumas modificações no sentido de torná-lo mais claro, assim como o funcionamento dos seus botões. As respostas dos alunos à questão 3 são apresentadas na Figura 4.

Questão 3 - O significado dos botões não está claro

Figura 4. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 3.

As questões 4 e 5 referem-se à utilização do programa. As repostas às questões 4 e 5 estão diretamente relacionadas à questão 3 sobre a compreensão do significado dos botões. Felizmente, a grande maioria dos alunos assinalou as alternativas “concordo” ou “concordo plenamente” para as duas questões, indicando facilidade de navegação do programa. Estes resultados indicam que a navegação pelo programa é fácil. A compreensão do significado dos botões está intrinsecamente relacionada à utilização do programa; desta forma, aqueles alunos que demonstraram dificuldades na compreensão do significado dos botões podem ter apresentado dificuldades na utilização do programa, o que os levaria a assinalar as alternativas “não sei”, “discordo” e “discordo plenamente” nas questões 4 e 5. Com base nestas inferências, foram realizadas modificações no sentido de tornar mais claro o significado dos botões do programa além de melhor instruir o usuário para sua utilização. As respostas às questões 4 e 5 estão descritas nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

Questão 4 - A localização dos botões facilita a utilização do material

Figura 5. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 4.

Questão 5 - As informações necessárias para o pleno uso do programa estão disponíveis

Figura 6. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 5.

As questões de 6, 7 e 8 dizem respeito à aparência do programa. Este quesito é relevante para verificarmos se a aparência do programa é desagradável ou dificulta a navegação ou compreensão do conteúdo. Os resultados indicam que a aparência é agradável, não prejudicando a navegação ou compreensão do conteúdo. Na questão 6 a afirmação também ocorre na forma negativa como na questão 3. Dessa vez, no entanto, não foi observado o mesmo fenômeno. Existe a possibilidade da sonoridade da expressão evidenciar a palavra “não”, que dessa vez vem seguida do “são”.

Figura 7. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 6.

Questão 7 - As cores são agradáveis

Figura 8. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 7.

Questão 8 - As imagens quando presentes são agradáveis

Figura 9. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 8.

As questões de 9 a 13 referem-se à temática e conteúdo do programa. Na questão 9 cerca de 35% dos alunos na Escola de Aplicação e cerca de 30% do colégio Santa Cruz considerou que os textos não são claros, mas na questão 10 mais de 60% dos alunos considerou a linguagem adequada em ambas as escolas (Figuras 10 e 11). Estes resultados corroboram a hipótese de que as dificuldades na compreensão do conteúdo devem estar relacionadas à densidade dos textos ao invés da complexidade dos termos utilizados. Adicionalmente, em conversa com alunos do Colégio Santa Cruz após a aplicação do programa, alguns revelaram a necessidade de várias leituras dos textos para que o conteúdo fosse compreendido. Inicialmente, os textos foram elaborados visando serem completos, embora curtos, para que coubessem na tela do computador e não tornassem a leitura cansativa e, por isso, a clareza dos textos pode ter sido comprometida devido a sua densidade e pela inserção de muita informação relevante em pouco “espaço”. Muito embora tenha havido uma preocupação com a escolha dos conteúdos e termos utilizados, tais dificuldades foram encontradas. Levando em consideração estes dados o programa sofreu modificações com o objetivo de reduzir a quantidade de leitura e aumentar a interatividade com o aluno.

Questão 9 - Os textos são claros

Figura 10. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 9.

Questão 10 - A linguagem utilizada é adequada

Figura 11. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 10.

As figuras e animações estão claras e contribuem para a compreensão do conteúdo, o que foi revelado nas respostas às questões 11 e 12 (Figuras 12 e 13, respectivamente). Dificuldades encontradas na compreensão das animações estão principalmente relacionadas com a velocidade da animação e compreensão das legendas. A proposta de se aumentar a interatividade do programa também está relacionada a este resultado; uma vez que as figuras facilitam a compreensão considerou-se interessante inserir maior quantidade de informações nas mesmas e animações de forma que o aluno investisse mais tempo nestas “páginas” e reduzisse a quantidade exposição de textos contínuos. Por meio da inclusão de “manipulações” virtuais no programa a participação dos alunos no processo de aprendizado poderia se tornar mais dinâmica.

Questão 11 - As animações e figuras contribuem para a compreensão do conteúdo

Figura 12. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 11.

Questão 12 - As animações e figuras estão claras

Figura 13. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 12.

Nem todos os alunos da escola de Aplicação completaram a utilização do programa; é possível que informações incompletas tenham resultado em dúvidas em relação ao conteúdo. Por essa razão, a análise das respostas à questão parece ter sido prejudicada. Não obstante, alguns alunos assinalaram a alternativa “concordo”; estes devem ter sido os únicos alunos que conseguiram concluir a aplicação do programa (Figura 14). Consideraremos apenas as respostas obtidas no Colégio Santa Cruz. Cerca de 33% dos alunos assinalaram as alternativas “a” e “b” e cerca de 67%, as alternativas “d” e “e”. O resultado indica que o programa não foi auto-explicativo e que os alunos tiveram dúvidas; no entanto, eles poderiam ter assinalado as alternativas “discordo” e “discordo plenamente” em duas condições: se acreditassem que o texto não foi auto-explicativo ou se tivessem dúvidas independentemente de terem achado o texto auto-explicativo ou não; por essa razão, a análise desta questão pode ter sido prejudicada. Houve ainda um grande número de alunos que assinalou a alternativa “não sei” indicando que possivelmente os alunos não tenham compreendido o conteúdo, mas não saberiam dizer se isso foi devido a uma falha no programa ou uma dificuldade do próprio aluno. Admitindo que a maior parte dos alunos assinalou as alternativas refletidamente, seria de se inferir que o programa não apresentou o conteúdo de forma adequada.

Questão 13 - O conteúdo foi auto-explicativo, não tenho dúvidas

Figura 14. Porcentagem de respostas dos alunos do Colégio Santa Cruz (em 2004) e da Escola de Aplicação (em 2005) à questão 13.

Durante a aplicação do programa na Escola de Aplicação os alunos apresentaram dúvidas em relação a alguns conceitos básicos considerados pré-conhecidos, como ATP e íon. Essa observação é de grande relevância para o trabalho, pois revela que a deficiência em relação a conteúdos prévios e conceitos essenciais pode influenciar marcadamente a compreensão dos processos descritos no programa. Este resultado é concordante com as respostas obtidas na correção dos roteiros de aula (Anexo 2) pela professora dos alunos; ficou evidente nas respostas à questão 2(a), sobre a bomba de sódio e potássio, um desempenho insatisfatório para as exigências do colégio. Isto é, os alunos não foram capazes de identificar a real importância da bomba de sódio e potássio. Assim, parece plausível hipotetizar que os alunos da Escola de Aplicação não dominavam todos os conceitos necessários para a compreensão do conteúdo tratado no programa. Por exemplo, o conceito de “íon” não é definido no programa e é essencial para a compreensão das forças de difusão e potenciais de repouso e de ação. Em observação realizada durante a aplicação, ficou evidente que alguns alunos não tinham assimilado esse conceito. Assim, a avaliação do desempenho dos alunos, considerando tanto o roteiro como as exigências da escola, parece inadequada.

Esta constatação, no entanto, não foi considerada uma deficiência no programa, mas sim uma dificuldade de se adequar o programa ao momento da sua aplicação. No caso da Escola de Aplicação o uso do programa ocorreu no primeiro semestre de 2005, quando os alunos se encontravam no terceiro ano do Ensino Médio, e, possivelmente, tais conceitos, importantes para compreensão do conteúdo, ainda não haviam sido estudados e fixados.

Os alunos não exibiram dificuldades de navegação no programa, como explicitado anteriormente. Possivelmente, os alunos da Escola de Aplicação não tenham encontrado dificuldades somente até a etapa que alcançaram no programa dentro do reduzido tempo disponível. Os alunos poderiam ter localizado problemas na navegação ou encontrado dificuldades se atingissem etapas mais avançadas do programa.

A aplicação do programa no Colégio Santa Cruz revelou que o trecho relacionado à condução saltatória do potencial de ação gerou dificuldades. Este foi o trecho cujo texto explicativo foi mais extenso e, aparentemente, ao se depararem com textos longos, os alunos impacientam-se e logo solicitam assistência do professor, muitas vezes antes mesmo de iniciar

a leitura do texto. É incerta a relação direta destes fatores, mas parece haver, portanto, um paradoxo entre a criação de textos curtos, porém densos ou textos longos os quais os alunos nem sempre lerão. Outra possível razão para que os alunos apresentassem dificuldades com o trecho sobre a condução saltatória pode estar associada à ausência de uma animação que representasse o fenômeno, há apenas uma figura para auxiliar na compreensão do conceito. Para a versão seguinte do programa os textos foram re-estruturados e associados a novas imagens para acomodar o conteúdo num número maior de telas e assim tornar a leitura mais confortável.

Sugeriu-se que a velocidade das animações fosse reduzida, para que os passos dos processos apresentados pudessem ser visualizados com mais facilidade, ou que o controle da animação fosse aprimorado de forma que ela pudesse ser parada, retomada ou avançada conforme a opção do usuário. A possibilidade de o aluno poder controlar o andamento da animação permite que ele visualize cada etapa do processo apresentado da forma que lhe for adequada; por essa razão, a sugestão do controle da animação foi implementada na versão seguinte do programa.

Os alunos não exibiram dificuldades de navegação no programa, como explicitado anteriormente. No entanto, alguns alunos se mostraram insatisfeitos quanto à ordem de apresentação do conteúdo. Um dos comentários foi: “muito confuso, não parece estar em ordem lógica...”. A ordem de apresentação dos temas foi escolhida de forma a ser mais lógica e de fácil compreensão. Além disso, a mesma ordem é utilizada em livros texto utilizados pelos colégios, inclusive o Colégio Santa Cruz. Não obstante, este comentário toca um ponto de grande relevância, já que a ordem da apresentação pode ser realizada de diversas maneiras e reflete-se na motivação e na facilidade de compreensão do conteúdo como um todo. Uma alternativa interessante é iniciar a apresentação do conteúdo pelo tema “efeito de drogas” que costuma despertar a curiosidade dos alunos e, a partir daí, passar para a discussão sobre o funcionamento do sistema nervoso. Essa estrutura poderia ser uma alternativa mais motivadora para alunos dessa faixa etária.

Alguns alunos manifestaram dúvidas ao tentarem relacionar o conceito de ATP (adenosina trifosfato) com o funcionamento da bomba de sódio e potássio. Pelo que pudemos

avaliar, esta dúvida foi devida a uma falha no programa que não apresentou essa relação de forma completa. Modificações no texto deverão facilitar a compreensão dessa relação.

Uma pequena parcela dos alunos manifestou sentir falta de uma aula introdutória ao tema. O problema parece ter sido resolvido ao se inserir uma aula uma breve explanação sobre a aplicação do programa abordando conteúdos relacionados, por exemplo, estrutura anatômica do sistema nervoso central e periférico. Porém, como o programa deverá ser disponibilizado na internet para acesso público geral, a apresentação de uma aula introdutória para usuários domésticos seria impossível; por essa razão um texto introdutório foi elaborado de forma a abranger os conceitos considerados essenciais para a compreensão do conteúdo na tentativa de suprir aquela necessidade apontada pelos alunos. Esta constatação é coerente com o preconizado por Kleiman (1995) sobre a importância da contextualização do conteúdo; esperava-se que o texto introdutório ao programa fosse suficiente para atender a este objetivo, mas a própria constatação de que textos longos não foram eficientes é um indício do contrário.

A correção dos roteiros foi realizada pelas professoras responsáveis pelo terceiro ano do ensino médio no colégio Santa Cruz e da Escola de Aplicação. Segundo suas apreciações, os alunos obtiveram resultados satisfatórios para o conteúdo sobre essa temática ministrado no nível médio. No entanto, em questões que exigiam a integração dos conceitos abordados, alguns alunos mostraram dificuldades, alegando “não ter *encontrado* as respostas no programa”. Estas manifestações revelam o método empregado por alguns alunos, i.e., o método de busca por palavras-chave, para responder às questões. Mais que preocupados em responder as questões, esses alunos parecem ter sido motivados pelo cumprimento das obrigações, neste caso, completar o roteiro. Desta forma procuraram no texto do programa palavras contidas nas perguntas e transcreveram os textos em suas respostas. Nesta tarefa, a maioria dos alunos foi bem sucedida. Isto se tornou mais evidente quando alguns alunos questionavam uns aos outros sobre o limiar de excitação (como estava descrito no programa) e o limiar de disparo (sobre o qual havia uma questão explícita no roteiro). Não encontrando a expressão exatamente da mesma maneira que na pergunta do roteiro, os alunos não conseguiram responder a questão.

Em conjunto a impressão sobre o programa parece ser positiva quanto ao seu formato e aspecto visual, contendo algumas dificuldades na apresentação do conteúdo na forma de

texto, no entanto as figuras e animações parecem contribuir para a compreensão dos conceitos abordados.

3.2. Avaliação de desempenho dos alunos do Ensino Médio

Houve dificuldades na aplicação do programa junto aos alunos da Escola de Aplicação. As aulas são estruturadas em módulos de 1 hora, tempo reduzido para utilização completa do programa. Além disso, os procedimentos de aula tomaram tempo útil, reduzindo ainda mais o tempo disponível para aplicação do programa. Devido a estes dois fatores, os alunos dispuseram de apenas 30-40 minutos para utilização do programa. Por esse motivo, a maioria deles não cumpriu todas as etapas propostas. Conseqüentemente, a própria resposta aos questionários foi prejudicada uma vez que os alunos não preencheram por completo nem mesmo tiveram acesso a todo o conteúdo. Devido a essas condições desfavoráveis não se considerou pertinente analisar o desempenho destes alunos por meio de suas notas. Assim essa análise foi realizada apenas em relação aos alunos do Colégio Santa Cruz. Os resultados são apresentados na Tabela 3 e Figura 15.

Tabela 3. Médias e erros padrão da média das notas obtidas pelos alunos em 2003 (neurociência abordada de maneira tradicional), e 2004, 2005 e 2006 (neurociência abordada por meio do programa), nos conteúdos de neurociências (neuro) e demais conteúdos de ciências biológicas (geral), e os resultados da ANOVA em relação a cada um dos fatores incluídos no modelo (ANO e CONTEÚDO).

-----2003-----				
Variáveis	N	Média	Erro padrão	
neuro	236	5.02	0.09	
geral	236	6.19	0.06	
-----2004-----				
Variáveis	N	Média	Erro padrão	
neuro	215	5.83	0.10	
geral	215	4.37	0.08	
-----2005-----				
Variáveis	N	Média	Erro padrão	
neuro	216	6.64	0.12	
geral	216	5.98	0.09	
-----2006-----				
Variáveis	N	Média	Erro padrão	
neuro	213	5.53	0.11	
geral	213	5.53	0.08

Figura 15. Desempenho dos alunos nos conteúdos específico de neurociência (neuro) e geral nos anos de 2003 a 2006 nas avaliações de biologia. Em 2003 somente aulas tradicionais foram ministradas, enquanto em 2004, 2005 e 2006 o conteúdo de neurofisiologia foi apresentado pelo programa.

A ANOVA revelou a existência (1) de um efeito significativo do fator ANO ($F_{3,876} = 28,59$, $P < 0,0001$), (2) de um efeito significativo do fator CONTEÚDO ($F_{1,876} = 46,89$, $P < 0,0001$) e (3) de um efeito significativo na interação entre os fatores ANO e CONTEÚDO ($F_{3,876} = 270,49$, $P < 0,0001$), indicando que o desempenho dos alunos nos conteúdos de neuro e geral variou diferentemente em cada ano. A inspeção da Tabela 1 revela que enquanto o desempenho dos alunos no conteúdo geral foi melhor que seu próprio desempenho no conteúdo de neuro em 2003, o quadro se inverte nos anos 2004 e 2005. Isto é, o desempenho dos alunos no conteúdo de neuro foi melhor do que seu próprio desempenho no conteúdo geral em 2004 e 2005; este resultado é particularmente interessante quando se considera que o desempenho geral dos alunos no conteúdo geral, em 2004, caiu consideravelmente. Em 2006, não houve diferenças significativas no desempenho dos alunos nos conteúdos geral e neuro. No entanto, existiu uma melhora significativa no desempenho em neuro em 2006, quando

comparado ao ano de 2003. Vale ressaltar que em 2004, 2005 e 2006 o conteúdo de neuro foi abordado por meio do programa.

A melhora no desempenho dos alunos expostos ao programa nos anos de 2004 e 2005, é um indício de que o aplicativo foi eficaz na transferência dos conteúdos abordados e mais eficiente que as aulas tradicionais em relação aos demais conteúdos. Ademais, em 2006, embora o desempenho em neuro não tenha diferido daquele no conteúdo geral, houve melhora no desempenho em relação ao conteúdo de neuro quando comparado com esse mesmo conteúdo em 2003. É possível que essa melhora seja decorrente da maior exposição dos alunos ao conteúdo de neuro em 2004, 2005 e 2006, admitindo-se que o programa poderia ter sido acessado outras vezes, no intervalo de tempo entre a aplicação e a avaliação.

3.1. Grupo focal

Quatro dos doze professores utilizaram o programa com antecedência, como foi proposto, e os demais o utilizaram minutos antes do início da conversa. Embora sua impressão geral sobre o programa tenha sido positiva, o fato de apenas quatro deles terem avaliado o programa com antecedência pode ter prejudicado o debate. Além disso, como os professores não foram observados durante a utilização do programa, não foi possível avaliar sua facilidade quanto a navegação e tempo de uso. Não é seguro que todas as animações, textos e páginas disponíveis tenham sido visitados. Mesmo assim, na opinião dos professores a navegação é simples e adequada.

O conteúdo abordado foi considerado excessivamente profundo. Embora alguns professores tenham manifestado que o texto deveria ser “enxugado”, outros discordaram e afirmaram que, na prática escolar, muitas vezes, os alunos são subestimados (os trechos transcritos correspondem exatamente ao que foi dito pelos participantes):

Moderador: “Então a principal crítica que vocês estão me passando é com relação ao conteúdo, ao texto?”

Professores:

“- É.

- Nossos alunos são fracos...

- Muito profundo para ensino médio...”

Professor: “Eu não mexeria no texto porque eu acho que ainda, apesar de estar profundo, você está sempre alimentando e a gente às vezes subestima a capacidade do aluno ir além, então eu não mexeria dessa forma.”

A dificuldade de adequar a profundidade do conteúdo abordado no programa não é uma novidade. Em etapas anteriores de sua elaboração as mesmas observações foram feitas e, mesmo com modificações no programa, o problema permaneceu. Embora não seja explícito no discurso dos professores, existe uma crítica quanto à clareza dos textos. No entanto, parece haver uma confusão em relação ao que é um texto claro, cuja linguagem é de fácil compreensão, e um conteúdo muito aprofundado. A opinião geral parece ser a de que os textos são “cansativos”, com uma clara preocupação quanto à profundidade do conteúdo.

A existência de professores defendendo que o conteúdo deveria ser preservado parece estar relacionado a uma discussão recorrente nas escolas da rede pública envolvendo a redução das exigências. Somente na escola pública se permite que o aluno falte nas aulas e chegue atrasado; além disso, se faz “vista grossa” ao fato dos alunos depredarem a escola. Em muitas ocasiões professores atribuem nota sete a trabalhos que não merecem mais do que quatro. As instituições públicas reduzem suas exigências a fim de manter o aluno na escola. Alguns professores consideram isso um desrespeito para com os alunos e percebem a importância de exigir o mesmo que é exigido em escolas particulares, para que o aluno da rede pública não seja inferiorizado pela desigualdade de exigências (Bourdin, a ser publicado).

A divisão do conteúdo em módulos (ou capítulos) pode ser uma alternativa simples para tornar a leitura menos cansativa e, além disso, dá ao professor maior flexibilidade para ministrar o conteúdo num ritmo mais adequado para cada turma de alunos.

Professor respondendo se acha que seria melhor que o conteúdo fosse apresentado com maior ou menor número de divisões: “Eu acho que quanto mais modular... Porque as aulas são variáveis, da manhã da noite, de sala pra sala. O conteúdo a gente consegue dar a aula inteira numa determinada turma e na outra não.”

Levando em consideração esta observação, o programa deverá ser subdividido em módulos, mantendo-se o conteúdo.

Um aspecto ressaltado pelos professores foi o “visual do programa”. As imagens e animações sobre os processos descritos foram consideradas claras e auto-explicativas. Professores acreditam que devido às influências de jogos de computadores sobre adolescentes, há grande vantagem no uso do programa por apresentar processos fisiológicos de forma visual e exibir aparência atraente. Algumas sugestões dos professores almejavam formas de valorizar o visual, reduzindo os textos e botões para que as imagens fiquem mais evidentes:

“O interessante é que ele aborda exatamente isso. A informática que é o que ele está ligado, ela tá o tempo todo em jogos, essa dinâmica de informática, mas eu continuo batendo naquela mesma tecla que eu te falei: os botões são muito grandes de informação, eles cobrem o visual bonito do mecanismo e aquele botão "clicar" ali no transporte ativo, aquele botão, eu se fosse você, não usaria, deixaria aquela parte aberta o tempo todo, ela sem botão nenhum, aquele “clique” aperte alguma coisa...”

“Sabe aquela parte que tem o astrócito? Você aperta e aparece o que é o astrócito... Então, ao invés de colocar o texto na tela de fundo com o desenho, você coloca mais elementos de desenho com os nomes e no nome clica e vê a parte escrita se quiser. Com menos informação na tela de fundo e mais nas setinhas aonde ele clica, aí tem a opção de ler ou não.”

Tendo em vista que um dos pontos mais fortes do programa é precisamente o visual, as sugestões que visam adicionar elementos na forma imagens e reduzir os textos aparentes parecem coerentes. No entanto, tais medidas tornariam parte da informação escrita menos acessível ao usuário, uma vez que, para se acessar toda a informação disponível, seria necessário explorar toda a tela buscando elementos para clicar e tornar visíveis textos escondidos nas imagens. Este processo de busca do conteúdo dificultaria a navegação tornando a utilização do programa cansativa. Levando as sugestões em consideração, nas devidas proporções, o programa poderá sofrer adequações para tornar o visual ainda mais

atraente. As observações são coerentes com os resultados obtidos nos testes com alunos do ensino médio. A sugestão dos professores é coerente com o proposto por Prensky (2005) quando no que se refere à preferência das novas gerações por representações gráficas ao invés de informação na forma de texto.

Uma segunda questão apresentada pelos professores foi a ausência de áudio no programa. O áudio parece ser uma constante nos programas de computador, incluindo jogos, aos quais alunos e professores estão habituados; assim, sugeriram a adição de efeitos sonoros no programa. De acordo com os professores, a presença de áudio faria da atividade uma dinâmica mais robusta e completa. A adição do áudio poderia tornar a atividade mais atraente, mas não necessariamente ajudaria no processo de aprendizado, principal objetivo do material didático. De acordo com o Princípio de Coerência (Mayer, 2002) o aprendizado dos alunos é maior quando se evita informações irrelevantes, incluindo efeitos sonoros (e música), nos programas educativos. No cenário da Abordagem Cognitiva Sobre o Ensino de Mayer (2002), o aluno que recebe um conjunto de informações pode desviar sua atenção ao material irrelevante e, portanto, lhe restará menor quantidade de recursos cognitivos para construir conexões entre os demais elementos da apresentação (animação, imagem e texto).

Por outro lado, essa sugestão envolvendo a inclusão de áudio pode ser levada em consideração em relação a alguns trechos do programa em que o som poderia dar destaque às informações. Uma alternativa também considerada foi a adição de narração e outras formas de áudio que poderiam ser habilitadas na configuração do programa de acordo com as opções do usuário.

Professores defenderam que o programa deve ser uma ferramenta atraente para o aluno, seja por meio do áudio ou da imagem. Sua preocupação provavelmente reside na dificuldade de manter a atenção dos alunos focada no objeto de ensino:

“Eu acho que se a gente conseguir levar uma aula dessas, você não tem aluno bagunceiro na sala.”

“Os bagunceiros são aqueles que necessitam de coisas diferentes. Muitas vezes a gente não tem como dar e a gente sabe disso. E a gente não tem como dar. Uma sala muito limitada, com muito aluno,

mas às vezes, com uma coisa diferente você vê que eles que estão na frente e levam a aula, muitas vezes, sozinhos.”

Assim o programa parece ser visto também como uma ferramenta para atrair e prender a atenção dos alunos. Aliás, o computador em si já é um elemento atrativo para os jovens, o que é um fator positivo; por outro lado, ele traz consigo elementos distratores.

Questionados quanto a duração do programa, apenas um professor se manifestou e, segundo seu depoimento, a extensão do conteúdo é adequada para ser ministrado em uma aula de 50 minutos “com tempo de sobra”. No entanto, em etapas anteriores de aplicação do programa para alunos do ensino médio, constatou-se que seu tempo de utilização foi de aproximadamente uma hora. Tendo em vista que somente quatro professores acessaram o programa com antecedência, é esperado que poucos tenham condições de responder à essa questão e, além disso, a visualização do programa dentro da condição de sala de aula difere drasticamente da condição experimentada pelos professores individualmente, o que justificaria a discrepância no tempo estimado de utilização do programa.

Moderador: “(...) quanto tempo vocês demoraram em media pra ver o programa? Vocês acham que está demorando muito, vocês acham que podem usar em uma aula nesse tamanho?”

Professor: “Dá pra usar em uma aula e ainda sobra tempo.

Moderador: Uma aula?”

Professor: “Dá pra você ir mostrando, eles trabalhando, você conversando, dá, uma aula dá, 50 minutos.”

Moderador: “50 minutos?”

Professor: “50 minutos dá tempo de sobra.”

Outro aspecto relevante apontado por um dos professores foi a presença das perguntas durante o desenrolar do programa que impedem que o usuário prossiga sem responder devidamente as questões apresentadas. Esta estratégia permite ao usuário avaliar seu próprio aproveitamento do programa; por outro lado, o acesso a todas as etapas do programa pode ser realizado através do “Menu” em qualquer momento. O ponto destacado pelo professor reside no fato do aluno sentir-se desmotivado quando se depara com o questionamento, da mesma forma que o próprio professor se sentiu ao avaliar o programa. Em

contrapartida, outros professores sugeriram que as perguntas ao longo do programa têm grande valor pedagógico.

“A hora que você abre aquela parte de perguntas, eu, por exemplo, você percebeu que eu não fui lá, né. Pelo que eu te falei eu parei ali. Eu acho que comigo 80% da sala vão parar ali. Começa a responder pergunta, você fala “ai tem que ler isso aqui; responder; ver se acertou; se não acertou.”. Eu parei, simplesmente parei. E aí eu acabei perdendo informações super legais. Eu só fui descobrir porque ela me mostrou. Entendeu? Então assim... O aluno é automático, ele tem que pensar, ele tem que optar, eles vão parar.”

É possível que os alunos se sintam intimidados pelas questões incluídas ao longo do programa. Não está claro em que extensão essa relação decorre das dinâmicas de aulas tradicionais, em que os alunos sentem-se incomodados por perguntas sobre o conteúdo ministrado, mesmo quando estão interessados e atentos à aula. É possível que esses alunos não se sintam a vontade ao expor seu conhecimento ou ignorância. Além disso, parece provável que qualquer dinâmica que exija mais reflexão e atenção, por parte de qualquer usuário, contenha um componente inercial difícil de ser rompido.

Talvez seja possível contornar esse problema pela inclusão das questões na forma de jogos ou atividades ao invés de indagações diretas. A sugestão parece interessante, mas exigiria esforço de uma equipe de programadores e desenhistas, além da parte criativa e do conteúdo para ser implementada.

A avaliação geral dos professores que participaram do grupo focal sobre uso do programa como ferramenta de ensino foi positiva. No entanto, apesar do interesse, parece existir a dificuldade de utilização do instrumento nas escolas públicas devido à limitações técnicas.

Moderador: “Vocês acham que as escolas têm condições de aplicar o programa. As escolas têm salas? “

Professores: “Não! Aí é outro problema.”

Professor: “Um exemplo: eu tenho uma sala de computação, eu tenho que levar quarenta alunos com dois computadores.”

Parece relevante mencionar algumas sugestões adicionais, entre elas:

- Que a melhor forma de distribuição do programa parece ser por meio de CD-ROM (sic);
- Criar uma mascote narradora para introdução do programa;
- Complementar o conteúdo sobre sinapse incluindo informações sobre os mecanismos de ação e funcionamento de drogas lícitas e ilícitas, já que este assunto é de grande interesse dos alunos; e
- Contextualizar conteúdo no cotidiano do aluno.

Os professores se mostraram interessados no uso de aplicativos para o ensino de biologia e concordam que o desenvolvimento deste tipo de material didático dentro das escolas seria uma condição ideal. Desta maneira o conteúdo programático da grade escolar poderia ser sincronizado ao presente nas ferramentas de ensino. No entanto, isso exigiria uma equipe de técnicos associada aos professores e salas de informática adequadamente equipadas.

Embora os professores tenham afirmado que a melhor forma de distribuição de ferramentas de ensino seja por meio de CD-ROM, é importante lembrar que se adiciona um custo nessa forma distribuição que, quando multiplicado, pode se tornar elevado considerando o número de beneficiários que se deseja alcançar. Tendo em mente que o objetivo do trabalho é desenvolver um aplicativo de acesso livre, a forma mais adequada de distribuição do programa deve ser a disponibilização na internet. Dessa maneira qualquer usuário com acesso a uma linha telefônica já poderia adquirir e utilizar o programa e, assim, o acesso gratuito à um número muito maior de pessoas seria garantido.

3.2. Aplicação do programa na UNIFIEO

Em comparação com os alunos de ensino médio, os de ensino superior se mostraram mais motivados a navegar pelo programa e a responder aos testes. Em aplicações em alunos do ensino médio, houve necessidade de *pressão* por parte do professor para a execução da

tarefa, como uma avaliação, ao passo que os do ensino superior adotaram uma postura proativa. Embora os alunos do ensino superior possam estar preocupados com as avaliações do curso sobre o assunto abordado, eles parecem aproveitar este momento de aplicação do programa como uma oportunidade para estudo.

O tempo total utilizado pelos alunos do ensino superior para usar o programa foi reduzido em comparação aquele utilizado pelos alunos do ensino médio. Isso é coerente com o fato de que as turmas do ensino superior testadas neste ano já haviam sido expostas a esse conteúdo de neurociência anteriormente. Além disso, depreende-se que os alunos do ensino superior exibam maior maturidade intelectual e domínio de conceitos importantes para compreensão plena do programa, enquanto nos do ensino médio esses conceitos ainda se encontram em formação.

É importante lembrar que foram incluídos alunos de duas turmas nesta avaliação e que cada turma foi dividida em dois grupos; um grupo respondeu a um teste antes e outro depois da aplicação do programa (Grupo A-D) e o outro grupo foi exposto apenas ao teste depois da utilização do programa (Grupo D). Com o intuito de evitar possíveis influências do primeiro teste sobre o segundo, no Grupo A-D os testes continham questões com o mesmo conteúdo, no entanto, redigidas de formas diferentes, sendo que o segundo apresentava perguntas com redação mais sofisticada que o primeiro. Assim, os testes apresentaram níveis de dificuldade semelhantes e o mesmo conteúdo. Além disso, o desempenho do Grupo D, que só realizou o teste após a utilização do programa, foi comparado com o desempenho do Grupo A-D no segundo teste. Caso haja diferenças significantes entre os testes realizados após a utilização do programa, podemos supor que houve influência do teste anterior à utilização do programa no segundo teste. Caso contrário, poderíamos supor que não houve influência do teste anterior à utilização do programa sobre o segundo teste no Grupo A-D e conseqüentemente os dados do Grupo D poderiam ser agrupados com os do Grupo A-D.

3.2.1. Avaliação do desempenho dos alunos nos testes antes e após aplicação do programa

O teste de Kruskal-Wallis revelou ausência de diferenças significantes entre os Grupos A-D e D nos testes realizados **após** a utilização do programa ($H(1) = 0,6780$; $P = 0,4103$). Além

disso, não houve diferenças significantes entre os resultados dos desempenho antes e depois da aplicação do programa nos alunos do grupo A-D ($T_{\text{pareado}} = 0,61$; $P = 0,5527$). Por essa razão os resultados obtidos com o Grupo D foram agrupados com os resultados do Grupo A-D no teste realizado após a utilização do programa. Os valores de mediana, variação interquartil e limites da distribuição dos resultados do desempenho dos alunos nos testes antes e após aplicação do programa, dos Grupos A-D e D já agrupados, podem ser visualizados na Figura 16.

Figura 16. “Box Plot” do desempenho dos alunos da UNIFIEO nos testes antes e depois da aplicação do programa. A linha horizontal incluída no retângulo expressa a mediana, as linhas horizontais interior e superior que limitam o retângulo expressam os quartis 1 e 3, respectivamente, e as linhas que se projetam verticalmente do retângulo expressam os limites superior e inferior dos dados obtidos, antes e depois da aplicação do Programa.

Estes alunos haviam sido expostos previamente ao conteúdo abordado no programa, mas por meio de aulas tradicionais, na disciplina “Fisiologia Animal I”. Por essa razão, em

princípio considerou-se que as duas turmas teriam condições de responder as questões apresentadas nos testes sem maiores dificuldades. Curiosamente, o desempenho dos alunos no teste foi abaixo do esperado, mesmo depois da aplicação do Programa.

Essa ausência de diferenças significantes do desempenho dos Grupos A-D e D nos testes realizados após a aplicação do programa poderia indicar que o teste realizado antes da aplicação do programa não teve qualquer influência sobre o desempenho dos alunos no segundo teste, já que a única característica que distingue esses grupos é a execução do teste antes da utilização do programa pelos alunos do Grupo A-D. Também não foi observada diferença significativa entre no desempenho do Grupo A-D antes e depois da aplicação do programa. Assim, pode-se descartar qualquer possibilidade de que houve influência do teste realizado antes da aplicação do programa no desempenho dos alunos no teste realizado após a utilização do programa.

3.2.2. Avaliação do desempenho dos alunos nas provas **semestrais** do curso de Fisiologia

A Figura 16 mostra as médias das notas obtidas pelos alunos das duas turmas (“P”, do primeiro semestre e “S” – do segundo semestre) nas provas regulares do curso de Fisiologia, realizadas antes ou depois da aplicação do Programa. A primeira e a segunda provas abrangiam conteúdos diferentes do curso de Fisiologia Animal I. Como as Turmas S e P cursaram a disciplina Fisiologia Animal I em semestres diferentes, a Turma S realizou a primeira prova antes da exposição ao programa e a segunda, após a aplicação do programa de neurociência. Já a Turma P realizou ambas as provas antes da exposição ao programa. Foram realizadas comparações entre a primeira e segunda provas de cada turma e entre as provas de cada Turma. A ANOVA revelou a existência de efeitos significantes para o fator Turma ($F_{1,54} = 8,78$, $p = 0,0045$) e interação significativa entre os fatores Prova e Turma ($F_{1,54}=22,78$, $p=0,000017$). O teste de Tukey ($p < 0,05$) revelou que a nota dos alunos da Turma S na prova realizada depois da aplicação do programa é maior que seu próprio desempenho na prova realizada antes da aplicação do Programa e também maior que as notas da Turma P nas duas provas, note que para esta Turma ambas as provas foram realizadas antes da aplicação do programa, sugerindo que o programa contribuiu para o melhor desempenho dos alunos na prova (Figura 17).

Figura 17. Médias das notas obtidas pelos alunos das turmas S (segundo semestre) e P (primeiro semestre) na primeira e segunda provas regulares da disciplina de Fisiologia Animal I. A Turma S realizou a primeira prova antes da exposição ao programa e a segunda prova após a aplicação do programa de neurociência. A Turma P realizou ambas as provas antes da exposição ao programa.

Levando em consideração que (1) a Turma S foi exposta ao Programa antes da sua segunda prova, enquanto a Turma P realizou as mesmas avaliações sem exposição ao programa e (2) ambas as Turmas, P e S, exibiram desempenho similar na primeira prova, parece plausível relacionar a melhora de desempenho da Turma S na segunda prova à aplicação do programa. Os resultados da aplicação do programa na UNIFIEO em conjunto sugerem um cenário em que é tentador relacionar os testes antes e após utilização do programa com a retenção do conteúdo na memória de curta duração e os resultados nas provas regulares da disciplina de “Fisiologia Animal I” com a retenção na memória de longa duração, dada a diferença de tempo entre a exposição ao programa e as avaliações de desempenho. No entanto, esse quadro pode ser decorrente da disponibilização do programa aos alunos após a aplicação, já que os alunos poderiam utilizar o programa como referência para estudo e assim ter contribuído para a melhora no desempenho na avaliação da disciplina, mas não nos testes antes e depois da utilização do programa.

4. Discussão Geral

A aplicação do programa no Colégio Santa Cruz parece ter sido a mais consistente, envolvendo aplicações sucessivas ao longo de três anos e em cerca de 200 alunos em cada ano. Os resultados sugerem que o programa foi efetivo em promover a aprendizagem uma vez que foi observada melhora no desempenho dos alunos nos anos de 2004 e 2005 em comparação com o ano 2003, no conteúdo de neurofisiologia; além disso, o desempenho destes alunos no conteúdo abordado no programa foi superior ao seu próprio desempenho nos demais conteúdos de biologia. Foi ainda observada melhora no desempenho dos alunos de Ensino Superior que utilizaram o programa em comparação com alunos que tiveram apenas aulas tradicionais. Ademais, o grupo focal realizado com professores do Ensino Médio sugere que o programa tem potencial para utilização como ferramenta de ensino de neurofisiologia.

Os trabalhos de Goldberg e McKhann (2000), McGrath e colaboradores (2003) e Rawson e Quinlan (2002) descrevem resultados positivos para uso de ferramentas de ensino mediado por computador com alunos do Ensino Superior. No presente trabalho, foi demonstrado que essas ferramentas também têm potencial para aplicação em alunos do Ensino Médio, mesmo quando são abordados conteúdos complexos como a neurofisiologia.

Em trabalhos de Mayer (2002) os programas testados apresentavam uma pequena quantidade de conceitos básicos e foi realizada apenas uma exposição ao conteúdo. Por outro lado, os trabalhos de McGrath e colaboradores (2003) e Rawson e Quinlan (2002) utilizaram programas com conteúdo extenso e exposições sucessivas ao longo de várias aulas. No presente trabalho, na aplicação dos testes antes e após utilização do programa na UNIFIEO não foi observada melhora no desempenho dos alunos no segundo teste e, em contrapartida, foi constatada melhora no desempenho na avaliação semestral dos alunos que utilizaram o programa. É possível que o tempo de exposição ao programa tenha sido curto em relação à quantidade de conteúdo apresentado para que houvesse consolidação dos conceitos. Isso explicaria o relativamente baixo desempenho nos testes logo após o uso do programa e melhora no desempenho nas avaliações semestrais.

As impressões dos alunos e professores do Ensino Médio a respeito da contribuição das imagens para o aprendizado são consistentes com o proposto por Mayer (2002) e Prensky (2005). As ilustrações e animações parecem facilitar a compreensão dos conceitos apresentados, principalmente quando há associação adequada de quantidade de textos e imagens. Além disso, os alunos parecem ter preferência por informações na forma de imagens do que na forma de texto. A utilização do programa como auxílio em sala de aula, comporta utilizar imagens, textos ou o discurso do próprio professor para apresentar o conteúdo, permitindo acomodar a modalidade de apresentação que for mais adequada para os professores e alunos.

Embora tenham sido observadas diferenças no aproveitamento dos alunos nas escolas, os resultados parecem ser positivos e em favor do programa como ferramenta para auxílio do professor em sala de aula. Lembrando que o objetivo não foi o de comparar o desempenho dos alunos de diferentes instituições, podemos apenas imaginar as possíveis razões para a observação da melhor eficiência do programa quando aplicado no Colégio Santa Cruz quando comparado com as demais aplicações. Levando em consideração que o autor deste trabalho foi aluno do Colégio Santa Cruz do primeiro ao terceiro ano do Ensino Médio é razoável imaginar que, ao construir o programa, utilizou suas referências e vivências do colégio e, por essa razão, o programa parece melhor se adequar a esta instituição.

É interessante notar as percepções dos professores a respeito do aplicativo e suas concepções do uso de tecnologia no ensino. Em geral, sua posição é positiva em relação ao uso do computador como ferramenta de ensino e eles tendem a apoiar iniciativas nesse sentido. Além disso, as condições das salas de informática e computadores ainda não são as mais indicadas para o pleno uso de programas como o desenvolvido neste trabalho, o que dificulta a sua utilização. Os avanços tecnológicos devem fornecer cada vez mais instrumentos que contribuam para um melhor ensino ou, pelo menos, torná-lo mais fácil para o professor e para o aluno.

Quatro metodologias para avaliação da transferência de conteúdo foram utilizadas. Em primeiro lugar, os alunos de ensino médio foram avaliados por meio de um roteiro (Anexo 2) que foi respondido simultaneamente à utilização do programa e seu desempenho nos exames

semestrais de biologia foi comparado ao desempenho de alunos que tiveram o conteúdo de neurofisiologia ministrado de forma tradicional. Os alunos de nível superior foram avaliados pela comparação entre testes realizados antes e após a aplicação do programa e, além disso, foram realizadas comparações do desempenho nas avaliações semestrais da disciplina de “Fisiologia Animal I”. A metodologia que pareceu menos sensível aos efeitos da aplicação do programa foi a de testes antes e após utilização do programa. O roteiro respondido pelos alunos de nível médio não foi analisado qualitativamente pelo autor, mas os comentários da professora do colégio sobre o desempenho dos alunos foi positivo. A comparação das notas dos alunos em suas avaliações semestrais parece ser sensível aos efeitos da aplicação do Programa, tendo ainda a vantagem de poder contar com turmas grandes e corresponder ao contexto real da vida estudantil.

A abordagem cognitiva no ensino mediado por computador de Mayer (2002) se baseia na suposição de que existem duas vias de processamento da informação na memória operacional e que os recursos cognitivos disponíveis para processamento de informações são limitados. O efeito da atenção dividida proposto por Mayer (2002) admite que a retenção de informações simultaneamente nas alças visuo-espacial e fonológica facilita a formação de conexões entre as representações mentais construídas (Mayer e col., 1998), ao passo que a manutenção de informações da mesma modalidade sensorial simultaneamente prejudica seu arquivamento. O Efeito da Atenção Dividida se refere a uma série de processos cognitivos, a se destacar:

- (1) *Princípio da contigüidade espacial.* Estudantes devem ter melhor desempenho quando imagem (animação ou ilustração) e texto são apresentados próximos um do outro do que quando são apresentados afastados.
- (2) *Princípio da contigüidade temporal.* Alunos devem ter melhor desempenho quando animação (ou ilustração) e narração (ou texto) são apresentadas simultaneamente do que quando são apresentadas separadamente no tempo.
- (3) *Princípio da modalidade.* Estudantes têm melhor desempenho quando animação é apresentada com narração do que com texto em tela.

Os resultados do presente estudo não permitem avaliar em que extensão a aplicação de cada um desses conceitos à elaboração do Programa contribuiu para sua efetividade, dado que não foram realizados testes específicos para se avaliar essa questão. Por outro lado, como o Programa mostrou-se efetivo em promover a aprendizagem do conteúdo de forma tão ou mais eficiente em relação àquela observada quando o conteúdo é abordado por meio de aulas tradicionais, admite-se que a observação desses princípios, quando de sua elaboração, contribuiu para o resultado positivo.

O saber científico parece sofrer um processo de transformação ao se tornar conhecimento ensinável em sala de aula, noção conhecida por transposição didática. O processo transformador reconhece a existência de diferenças entre os níveis do Saber Sábio, Saber a Ensinar e Saber Ensinado, e o conhecimento sofre “deformações” para que esteja apto a ser ensinado. Dentro desta perspectiva, houve a necessidade de dispor de conhecimento aprofundado sobre a estrutura de neurônios e processos que levam à geração da voltagem da membrana, do potencial de ação, da condução do impulso na superfície do neurônio e da transmissão sináptica, i.e., o Saber Sábio. O esforço no sentido da elaboração do Programa numa linguagem adequada para alunos aos quais se destina, o Saber a Ensinar, e os resultados efetivos da aplicação do Programa, i.e., o Saber Ensinado, avaliado, no presente caso, principalmente por meio do desempenho dos alunos em suas provas, revelou que se deve dedicar particular atenção à escolha do momento de aplicação deste tipo de instrumento de ensino. Isto é, a ausência de domínio, por parte dos alunos, de determinados conceitos pode limitar substancialmente seu aproveitamento. Esse parece ter sido o caso dos alunos da Escola de Aplicação, que por não terem domínio sobre os conceitos de íon e ATP, exibiram aproveitamento relativamente restrito sobre o tema abordado por meio da aplicação do Programa. Os resultados obtidos da aplicação no Colégio Santa Cruz e na UNIFIEO permitem descartar a possibilidade de que essas limitações estejam relacionadas com o uso do computador como instrumento de ensino.

Em outras palavras, uma vez definido o tema a ser abordado, parece importante definir claramente os conceitos cujo conhecimento é necessário para a compreensão adequada dos conteúdos no programa, para se determinar o momento mais adequado para sua utilização. Embora os conceitos da neurofisiologia abordados neste programa sejam sofisticados,

acreditávamos que o terceiro ano do ensino médio seria adequado para utilização do programa. Os resultados das aplicações indicam que o programa pode ser utilizado no Ensino Médio e Superior, dentro das devidas proporções considerando as diferenças na maturidade intelectual dos alunos e níveis de exigência das instituições.

A construção de programas de computador bem estruturados com imagens claras associadas a textos com linguagem adequada, poderia contribuir para o desenvolvimento de ferramentas de ensino. Embora o presente programa não se encontre numa configuração “otimizada”, já que se optou por utilizar textos e imagens que, em princípio, competem pelos mesmos recursos cognitivos da alça visuo-espacial, os resultados sugerem a compreensão dos conceitos de neurofisiologia foi facilitada pelo uso desta ferramenta. Dentro da abordagem cognitiva podemos supor que a leitura dos textos permite a transferência da informação para a alça fonológica, liberando recursos da alça visuo-espacial para processamento das imagens e reduzindo a competição por recursos. O conjunto de dados disponíveis não permite avaliar em que extensão esse processo ocorreu; isso pode ser o objeto de investigações futuras visando maximizar o efeito da aprendizagem por meio dessa estratégia de ensino.

Para efeitos de avaliação da eficiência de ferramentas de ensino é importante definir adequadamente até que nível o material será capaz de ensinar o conteúdo. A taxonomia proposta por Bloom (1973) oferece uma série de classes ordenadas de objetivos educacionais que podem ser utilizadas como elementos norteadores quando se deseja definir os níveis de aprendizado almejados. Esta etapa é relevante para que a avaliação seja executada de forma coerente com o que o programa é capaz de oferecer. Deve ser evitado que se exija mais do que o programa pode ensinar ou que se reduzam seus padrões de avaliação. Dentre as classes ordenadas de objetivos educacionais propostas por Bloom (1973), almejava-se atingir os dois primeiros níveis do Domínio Cognitivo, o nível do **conhecimento**, que envolve a evocação da memória, e o da **compreensão**, que se refere a um entendimento no qual se conhece o que está sendo comunicado sem necessariamente perceber suas implicações completas. No programa desenvolvido, a associação de imagens e textos deveria facilitar a memorização e compreensão dos elementos fundamentais do conteúdo. Os resultados obtidos sugerem que o houve aprendizado nos dois primeiros níveis do domínio cognitivo, uma vez que

foi observada melhora no desempenho dos alunos que utilizaram o programa nas avaliações das disciplinas de biologia, no Ensino Médio, e de Fisiologia Animal I, no Ensino Superior, tão ou mais eficiente que aquela observada por meio de métodos tradicionais de ensino.

5. Conclusão

O desempenho superior dos alunos que utilizaram programa sugere que o programa foi eficiente na transferência dos conteúdos de neurofisiologia, tendo potencial para utilização como ferramentas de ensino. Além disso, os professores entrevistados demonstraram grande interesse na utilização de ferramentas desse tipo sala de aula. No entanto ainda são necessários estudos para compreendermos melhor as formas mais adequadas de aplicação e avaliação de ferramentas como essa, parecendo possível se aumentar sua eficiência.

6. Referências

- Alves Filho, J.P.A., **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. Tese de Doutorado em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000
- Baddeley, A. **Working Memory**. *Science*, 255:56-58, 1992.
- Baddeley, A. **The Episodic Buffer: A new component of working memory?** *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11):417-423, 2000.
- Bernardes, A. S. **Do texto pelas mãos do escritor ao texto nas mãos do leitor: pensando e leitura e a escrita na biblioteca**. *Revista Brasileira de Educação* Jan/Fev/Mar/Abr 22: 77-88, 2003.
- Bloom, B.S. **Taxionomia de objetivos educacionais: domínio cognitivo**. Editora Globo, Porto Alegre, 1973
- Bourdin, J. **Violência e Crise na Escola dos Pobres**. *Pré-publicação de artigo a ser publicado na ADAPT, revista pedagógica do SNES (Sindicato Nacional de Ensino Secundário, FSU), Paris;*
- Galego, G. Gomes, A.A. **Emancipação, ruptura e inovação: o "focus group" como instrumento de investigação**. *Revista Lusófona de Educação*, 5:173-184, 2005.
- Gathercole, S. E.; Badeley, A. D. **Working Memory and Language**. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1993
- Goldberg, H.R., McKhann G.M. **Student Test Scores are Improved In a virtual Learning Enviroment**. *Adv Physiol Educ* 23(1): 59-66, 2000.
- Helene, F.H., Xavier, G.F. **A Construção da Atenção a Partir da Memória**. *Rev Bras Psiquiatr*, 25(2):12-20, 2003.
- Kleiman, A. **Texto e Leitor: Aspectos Cognitivos da Leitura**. Pontes Editores.1995
- Loyolla, W.P.C., Prates, M. **Educação à distância mediada por computador (EDMC): Diretrizes de projeto para pós-graduação**. 13pp. Instituto de informática PUC-Campinas. IV Congresso RIBIE, Brasília 1998. [Online]
<http://ism.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt200342414620125.PDF> [27 Maio 2004]

- Marandino, M. **Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências.** *Revista Brasileira de Educação*, mai/jun/jul 26: 95-183, 2004
- Mayer, R.E. Heiser, J., Lonn S. **Cognitive Constraints on Multimedia Learning: When Presenting More Material Results in Less Understanding.** *Journal of Educational Psychology*, 93(1):187-198, 2001.
- Mayer R.E., Moreno, R. **Split Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual Processing System in Working Memory.** *Journal of Educational Psychology*, 90(2) 312-320, 1998.
- Mayer, R.E., Moreno, R. **Animation as an Aid to Multimedia Learning.** *Educational Psychology Review* 14(1):87-99, 2002.
- Mayer, R.E. Sims, V.K. **For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of Dual-Coding Theory of Multimedia Learning.** *Journal of Educational Psychology*, 86(3): 189-401, 1994.
- McGrath, P., Kucera, R., Smith, W. **Computer Simulation of Introductory Neurophysiology.** *Adv Physiol Educ* 27(3) 120-129, 2003.
- Moreno, R., Mayer, R.E. **Cognitive Principles of Multimedia Learning: The Role of Modality and Contiguity.** *Journal of Educational Psychology*, 91(2):358-368, 1999.
- Oliveira, C.C., Costa, J.W., Moreira, M. **Ambientes Informatizados de Aprendizagem, Produção e Avaliação de Software Educativo.** 144pp. *Ed. Papirus*, 2001.
- Prensky, M. **Computer games and learning: Digital game-based learning.** In: Raessens, J; Goldstein, J. **Handbook of computer game studies.** MIT Press Cambridge, Massachusetts, London England , 2005, p97-122
- Rao, S.P., DiCarlo, S.E. **Active Learning of Respiratory Physiology Improves Performance on Respiratory Physiology Examinations.** *Adv Physiol Educ* 25(2): 127-133, 2001.
- Rawson, R.E., Quinlan, K.M. **Evaluation of a Computer-Based Approach to Teaching Acid/Base Physiology.** *Adv Physiol Educ* 26(2): 85-97, 2002.

ANEXOS

ANEXO 1

Etapas 1

1. Quais são as células que compõem o sistema nervoso?

2. Morfologia e fisiologia do neurônio:

a) Qual a importância da bomba de sódio potássio na membrana de um neurônio para o a geração do potencial de ação?

b) Na figura abaixo dê nome às regiões apontadas:

3. Conceito de potencial de ação:

a) Qual a definição correta para o potencial de ação?

b) O que é o limiar de disparo (ou limiar de excitação)?

4. Células de suporte:

a) Quais são as principais funções conhecidas das células suporte?

b) Como é formada a bainha de mielina?

c) Como atua a bainha de mielina na condução em saltos?

5. Sinapse:

Como ocorre a passagem da informação (estímulo elétrico) de um neurônio para o outro se não existe contato entre os dois neurônios? (descreva todo o processo).

6. Neurotransmissores

a) Qual é o papel dos neurotransmissores nas sinapses?

b) Como pode ser explicada a presença de diferentes tipos de neurotransmissores?

Etapa 2

1. Considerando as características descritas até o momento tente definir o que difere um neurônio de outras células.
2. Sabe-se que grande parte do consumo de energia do corpo humano em repouso se dá pelo no sistema nervoso central. Tente especular uma possível explicação para tal fato.
3. Uma das funções realizadas pelo sistema nervoso é a percepção de estímulos dolorosos. Anestésicos bloqueiam a dor. Como você supõe que os anestésicos atuem no sistema nervoso? Justifique sua resposta.

ANEXO 2

1) Usa computador em casa?

- a. Sim
- b. Não

NAVEGAÇÃO VISUAL

2) O significado dos botões não está claro.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- d. Discordo
- e. Discordo plenamente

3) A localização dos botões facilita a utilização do material.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- d. Discordo
- e. Discordo plenamente

4) As informações necessárias para o pleno uso do programa estão disponíveis.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- d. Discordo
- e. Discordo plenamente

5) Os textos não são legíveis.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- d. Discordo
- e. Discordo plenamente

6) As cores são agradáveis.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- d. Discordo
- e. Discordo plenamente

7) As imagens quando presentes são agradáveis.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- b. Discordo
- c. Discordo plenamente

TEMÁTICA E CONTEÚDO

8) Os textos são claros.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- d. Discordo
- e. Discordo plenamente

9) A linguagem utilizada é adequada.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- d. Discordo
- e. Discordo plenamente

10) As animações e figuras contribuem para a compreensão do conteúdo.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- d. Discordo
- e. Discordo plenamente

11) As animações e figuras estão claras.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- d. Discordo
- e. Discordo plenamente

12) O conteúdo foi auto-explicativo.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- d. Discordo
- e. Discordo plenamente

13) Não tenho dúvidas.

- a. Concordo plenamente
- b. Concordo
- c. Não sei
- d. Discordo
- e. Discordo plenamente

COMENTÁRIOS:

NAVEGAÇÃO VISUAL:

TEMÁTICA E CONTEÚDO:

ANEXO 3

Grupo Focal realizado na Diretoria de Ensino Norte

Duração: 30 minutos

Nº de professores: 12;

Nº de professores que viram o programa com antecedência: 4;

Nº de professores que viram o programa poucos minutos antes do início da conversa: 8;

Avaliação geral: Positiva

Devido às dificuldades de compreensão do áudio na gravação do grupo focal alguns trechos do discurso estão incompreensíveis, o que impediu também a identificação de professores para determinadas frases. O sinal (...) indica trecho de áudio incompreensível e o sinal de interrogação (?) ao lado no professor significa que não foi possível identificar precisamente qual professor fez a declaração. A transcrição corresponde exatamente ao que foi dito pelos participantes, com o intuito de garantir a fidedignidade

Transcrição:

Moderador: Alguém quer começar com algum comentário?

Professor1: O meu contato com o CD foi agora... E eu recebi agora (...). Observando agora um pouco, ele é bem didático, só que para o nível do ensino médio eu achei um pouco profundo, não sei se concordam comigo, tem algumas coisas que ficam pesadas até para eles, mas muitas vezes clareiam as muitas idéias, fica fácil a compreensão.

Professor2: Eu acho que a informação escrita está confusa, mas o legal foi o visual.

Professor3: é

Professor4: Hoje em dia, o aluno, é a impressão que eu tenho, se prende muito mais no visual, ele aprende muito mais quando ele olha do que quando ele escuta, ou quando ele lê então, ele

não aprende nada mesmo... Então é assim, é o esquema, é a forma como está colocado ali, o movimento então, eu acho que é ali que ele vai aprender...

Professor5: O interessante é que ele aborda exatamente isso. A informática que é o que ele está ligado, ela tá o tempo todo em jogos, essa dinâmica de informática, mas eu continuo batendo naquela mesma tecla que eu te falei: os botões são muito grandes de informação, eles cobrem o visual bonito do mecanismo e aquele botão "Clicar" ali no transporte ativo, aquele botão, eu se fosse você, não usaria, deixaria aquela parte aberta o tempo todo, ela sem botão nenhum, aquele "clique" aperte alguma coisa...

Professor6: A gente não poderia usar o "Enter"?

Moderador: É, tem formas de fazer isso, mas eu acho que interatividade é uma coisa... Por que, assim, o programa que utilizei para fazer o software ele é muito interativo, então ele dá muitas possibilidades, e essa foi uma alternativa que eu escolhi... Vocês podem falar o que vocês quiserem... Eu vou considerar todas elas... Esse botão "clicar" eu destaquei justamente para as pessoas perceberem que é possível clicar... Porque às vezes eu colocava um botão pequeno as pessoas passavam por cima e não viam a animação, não viam que tinha alguma coisa a mais pra ser vista. Por isso eu destaquei bem, nesse caso essa foi a idéia...

Professor6: Mas não é uma crítica, eu não me incomodo de usar o "Mouse". A gente se acostuma a utilizar, fica preguiçoso...

Moderador: Com relação ao visual então, o que vocês acharam?

Professor7: O visual está muito bom.

Professor6: Muito bom...

Professor8: Eu achei que está lindo...

Moderador: Não acharam que está muito poluído ou (ininteligível)?

Professor7: Eu acho que a parte escrita está um pouco pesada, mas o visual está bom.

Moderador: Então a principal crítica que vocês estão me passando é com relação ao conteúdo, ao texto?

Professor (?): é...

Professor1: Não o texto todo, por que tem determinadas informações...

(...)

– nossos alunos são fracos...

- muito profundo para ensino médio...

Professor5: Eu não mexeria no texto porque eu acho que ainda, apesar de estar profundo, você está sempre alimentando e a gente às vezes subestima a capacidade do aluno ir além, então eu não mexeria dessa forma.

Moderador: Então não é o texto, mas o tipo de informação. Está muito aprofundado, é isso?

Professor1: Isso, mas eu concordo com ela também. A gente, às vezes, nivela muito pela base deles, sendo que tem alunos que podem desenvolver um pouco mais e aí vai depender dele.

Professor5: Aquele que não vai entender, não vai entender mesmo ainda que você coloque uma frase ou duas. Mas aí você vai abraçar aquele que tem potencial maior q tem uma possibilidade de aprendizado maior.

Professor9: Eu tive comentando com alguma professora logo no início e ela falou uma coisinha que eu estive pensando... A turma de agora gosta de som! Né?... PAM, né? Então, foi ela, né? Falou do som, que é muito silencioso pra turma de hoje... (confuso)

Professor10: Eu acho q pra turma, não tem áudio né, eu até coloquei como observação que eu acho que falta isso... q eles tem o maior interesse. Eu acho que o que você fez aí pra focar os pontos eu acho que tem que ter alguma coisa... Porque hoje em dia eles estão "muito no barulho", fica uma coisa muito parada muito estática. (outro professor: "pra chamar atenção né"). Eu acho que nós temos que ter tanto o visual quanto o sonoro. (outro professor: "ah não tem som?"). (...) O tempo inteiro é assim, né... Alguns processos que você demonstrou que eu achei muito interessante, muito bom deles visualizar, mas o som me faltou. Não sei se nós estamos mal acostumados com barulho, que eu senti aquele impacto de não ter o som...

Moderador: Vocês estão falando de som, assim, de quando você está clicando num botão?

Professor10: Eu não sei... Alguma coisa... Não sei o que você pode fazer...

Professor9: Por exemplo, no transporte... Quando vai ligar aquela parte, quando vai entrar a proteína trimililininlim...

Professor (?): Eu acho que isso muito parado assim cansa sabe.

Professor10: Mas foi exatamente essa falta que eu senti. Tanto é que eu fiquei apertando o botão lá "Caramba, isso aqui não está ligado?", por que eu peguei o CD agora, a hora que eu coloquei que eu vi movimento (...) e eu fui lá e apertei o botão... "ah não isso aqui só tá chiando"... Então, né...

(...)

Professor7: Cada situação com um som diferente...

Professor5: Aquele elétrico mesmo ali daria um som fantástico, a sinapse, né?

Observador: O áudio melhoraria a dinâmica da apresentação? É isso?

Professores: Sim.

Observador: As imagens, as animações, são auto-explicativas?

Professores: Sim.

Observador: Bateu o olho dá pra entender...?

Professores: Sim.

Moderador: Vocês acham que precisa de uma narração de uma voz?

Professor10: Eu acho que sim, porque os alunos são muito preguiçosos pra ler.

Professor (?): Não...

(...)

Professor6: Não poderia ser optativo?

Professor7: Eu acho que ajuda a narração.

Professor5: Eu tenho uma de... Que fica falando. Eu não agüento.

Professor (?): Ué, então faz a opção...

Professor (?): É, opcional.

Moderador: Tem uma coisa que eu queria perguntar pra vocês... O que vocês acham? Utilizar em sala de aula, o aluno usar sozinho, ou vocês utilizariam como aula expositiva usando só as animações...?

Professor5: Das três formas eu acho que dá pra utilizar.

Professor1: Você pode fazer isso como apresentação de aula, você pode dar isso pra ele utilizar.

Professor5: ...e cobrar algum resultado disso.

Professor1: Pode dar como apoio de aula pra ele também.

Professor5: Eu acho que ele é "autodidata" então você pode explorar isso só com ele, mas também te ajudaria assim de monte você falar "lembra que eu falei, olha é aqui...". Sabe, eu acho isso aí é fundamental.

Moderador: Alguém mais teve dificuldade com a navegação, na hora de apertar os botões mesmo... Encontrar o botão correto...

Professores: Não, achei muito simples.

Moderador: Dá pra entender o programa sem mais explicações...

Observador: Em relação aos alunos que não tem jeito? Vocês teriam alguma sugestão pra melhorar o programa pra tentar recuperar esses alunos?

Professor5: Você fala aqueles que fazem mais bagunça?

Observador: Isso! É... Aqueles que não se interessam pela matéria...

Professor5: Eu acho que se a gente conseguir levar uma aula dessas, você não tem aluno bagunceiro na sala. Começa por aí...

Professor (?): É não tem...

Observador: Não entendi, desculpa.

Professor5: São os bagunceiros que vão trabalhar em primeiro lugar... (Observador simultaneamente: Ah, se quebrar o ritmo de aula...). Os bagunceiros são aqueles que necessitam de coisas diferentes. Muitas vezes a gente não tem como dar e a gente sabe disso. E a gente não tem como dar. Uma sala muito limitada, com muito aluno, mas às vezes, com uma coisa diferente você vê que eles que estão na frente e levam a aula, muitas vezes, sozinhos.

Professor7: E os outros vão atrás.

Professor1: Eu não sei... Que me ocorreu agora... Talvez com esses "caras" assim, como se falou em som, criar uma animação, uma coisa visual mesmo, mais simpática que não seja tão biológica para introduzir o assunto.

Professor5: Tipo um bonequinho.

Professor1: Tipo um bonequinho, um "personagenzinho", pra introduzir o assunto...

Professor5: Um mascote.

Moderador: Faz sentido. Em muitos programas eles utilizam essa estratégia mesmo. Uma figura com que o aluno se identifica. Pode ser um animal que fala... Alguma coisa... Mas ele introduz o conteúdo ao aluno. Eu não utilizei porque eu não sabia mesmo como fazer isso, mas já que vocês falaram, eu vou considerar. Alguém tem mais algum comentário nesse sentido?

Professor11: Sabe o que eu senti falta? No finalzinho agora quando você fala da droga. Você deixa a pergunta, aí clico pensei que ia dar uma continuidade e acabou. Então, pra jogar a idéia é excelente, mas eu acho que poderia aprofundar um pouquinho mais. Porque um dos grandes problemas da nossa realidade é o consumo da droga entre eles. Então pra poder haver discussões maiores seria interessante dar uma aprofundada aí.

Professor5: A hora que você abre aquela parte de perguntas, eu, por exemplo, você percebeu que eu não fui lá, né. Pelo que eu te falei eu parei ali. Eu acho que comigo 80% da sala vão parar ali. Começa a responder pergunta, você fala "ai tem que ler isso aqui; responder; ver se acertou; se não acertou.". Eu parei, simplesmente parei. E aí eu acabei perdendo informações super legais. Q eu só fui descobrir porque ela me mostrou. Entendeu? Então assim... O aluno é automático, ele tem que pensar, ele tem que optar, eles vão parar.

Professores: Mas daí... (...) Motivacional...

Moderador: Eu acho que isso tem dois lados, né. Por um lado o aluno pode sentir preguiça de fazer, mas eu tenho que dar um retorno pra ele. Se o raciocínio que ele está fazendo está certo. Eu concordo com isso. Eu fiquei... Quando eu fiz o programa eu fiquei muito na dúvida de colocar perguntas que parassem, porque no programa se você não responde a pergunta ele para, o programa para, ele impede que o programa prossiga. Mas é uma questão de realmente pesar...

Professor5: Mas você resolveu o problema no “menu”, né. Na hora que você joga no “menu” ele tem tudo ali.

Moderador: Sim tem tudo. Se o aluno conseguir passar ele vai saber...

Professor10 (?): Tem um programa da Eletropaulo que a diretora forneceu pra gente já faz uns Dois anos, que é interessante (...) Que é assim... É... O programa força o aluno, jogando e respondendo com animação. Assim, eu tenho um menino de 10 anos que já sabe todos, o de cinco já ta quase na metade. Ele vai lá e sabe exatamente onde vai botar o gerador, onde vai botar o poste, onde ele vai botar o... A central lá. Ele também sabe que se ele mudar o aparelho de televisão estoura. Então, o que acontece força o aluno a colocar a ordem correta porque se não vai estourar. Então é uma forma de responder a questão mais jogando. Eu não sei, porque eu não cheguei nessa parte, você viu que eu tava lá na metade.

Moderador: Se eu entendi o que você ta falando, em vez de fazer uma pergunta (...) a questionar...

Professor10 (?): Eu to olhando assim, pro aluno ter mais assim, ficar mais atento, querer continuar, prender a atenção. Porque essa é a maior dificuldade que a gente tem: prender a atenção dos nossos alunos e o interesse também, né. Hoje em dia é tudo assim né, às vezes até que dançar "hula-hula" lá na frente pra eles poderem prestar atenção na gente. Então esse programa da Eletropaulo é interessante porque a gente acaba aprendendo, brincando. Então, pois o negócio errado vai aparecer alguma coisa, nós vamos ter que testar outra coisa. E assim eles vão aprendendo. É uma... Não sei como é (ininteligível). Bom, da mesma maneira que eu senti falta do som, a Márcia falou das perguntas, né então eu acho que a gente também. Não sei, já que você ta pedindo minha opinião, né...

Observador: A introdução do novo recurso por si só, já capta a atenção dos alunos? Vocês acreditam nisso? Assim, o novo recurso em sala de aula, ele por si só, pelo fato de ser novo, já capta a atenção dos alunos.

Professores: Já...

Observador: Pelo menos 5 minutos.

Professor6: Se é ilustrado então, né, melhor ainda.

Professor10 (?): Você entrou com uma caixa diferente na mão eles já param um pouquinho, o que será que vem hoje?

Professor7: Já chama um pouco mais de atenção.

Professor5: Se você fizer uma sinapse ali com uma droga errada e o sujeito cair morto com a língua pra fora...

Professores: Ah, melhor ainda... Quanto mais sangue melhor. É verdade, se você tiver mais ou menos essa ação... Cocaína... Aí vai ser a festa. (opiniões misturadas de professores).

Professor10 (?): Eu adorei esse (...) E olha que eu sou velha... Mas eu adorei, eu achei muito dez esse (...) É o que mais vai chamar a atenção deles (...).

Moderador: Com relação então ao conteúdo, que é uma coisa me preocupa bastante, vocês falaram logo de cara que ele está denso, eu acho. O programa está longo, quanto tempo vocês demoraram em média pra ver o programa, vocês acham que está demorando muito, vocês acham que podem usar em uma aula nesse tamanho?

Professor (?): Não prestei atenção... Está longo?

Professor9: Dá pra usar em uma aula e ainda sobra tempo.

Moderador: Uma aula?

Professor6: Dá sim...

Professor9: Dá pra você ir mostrando, eles trabalhando, você conversando, dá, uma aula dá, 50 minutos.

Moderador: 50 minutos?

Professor9: 50 minutos dá tempo de sobra.

Professor5: Ele não está cansativo, porque eu passei por ele tranquilo, não está cansativo.

Moderador: Eu sinto que os alunos (?) cansam por ter muito texto mesmo, a alternativa utilizada (ininteligível) foi a não narração mesmo (confuso, muito barulho), mas utilizar o texto e eu sinto que o texto está muito pesado. (não dá pra escutar direito: “eu não sei o que eu faço com o texto”)

Muito barulho do lado de fora da sala que interrompe a dinâmica.

Moderador: Alguém tem mais alguma sugestão? Alguma coisa, algum problema?

Professores: Que você mande pra gente o q você estiver...

Q você faça de outras partes do corpo.

Você não quer a gente mande sugestões do que a gente gostaria que você fizesse para nós?

Professor1: Tem um site que o Bayardo, numa das coisas que ele mandou pra gente, que tem várias atividades dessas.

Professor (?): De neurociência não é?

Observador: Um software de 2000, não é?

Professor1: Não... É...

Professor (?): Da internet mesmo...

Observador: Em relação ao conteúdo vocês acham melhor o professor que aplica esse conteúdo na disciplina desenvolver ou contratar uma pessoa, terceirizar essa aplicação?

Professores: Não...

Observador: Por exemplo, no caso vocês utilizaram um software que o André desenvolveu o conteúdo. Vocês achariam mais interessante vocês próprios desenvolverem ou outra pessoa.

Professor1: Espera aí, explica direito.

Observador: Entendeu? Por exemplo? Você vai dar essa matéria no seu curso. Você acharia interessante você dar o conteúdo, estipular, elaborar o conteúdo e, por exemplo, o André montar. Ou um outro biólogo que teoricamente seria conhecedor dessa área montar esse conteúdo.

Professor9: Se tivesse alguém que fizesse pra mim eu ia adorar.

Professores falando ao mesmo tempo. Mas fica claro que eles não entenderam a proposta. Parece que os professores acham que o observador está perguntando se seria melhor que eles mesmos montassem o programa. O observador estava questionando a criação somente do conteúdo por parte dos professores. Os professores parecem confundir o uso do termo conteúdo com o programa todo.

Observador (tentando explicar novamente a questão): Não, não... O que seria mais interessante: ter uma equipe própria pra montar o conteúdo ou uma equipe externa.

Professor1: Acho que ter associado as duas coisas. Entendeu? Os professores junto com o povo, ajudando a gente a fazer... Desenvolver junto.

Moderador: Esse programa foi 100% meu, eu fiz tudo sozinho. O que vocês acham de se, por exemplo, tivesse alguém como eu disponível na escola pra construir junto com vocês.

Professores: Ah eu ia adorar! (Palmas) (...).

Professor9: Tem um colégio particular que tem assim. E por isso num colégio público seria ótimo.

Professor5: Agora se você sentir falta de professores opinando você pode contratar a gente.

Professores: Risadas.

Moderador: Eu sinto muita falta de pessoas opinando no programa (...).

Moderador: Vocês acham que, por que o programa está dividido em duas etapas, vocês acham que está bom dividido? Aplico separado, aplico ao mesmo tempo? Eu dividi em dois porque está extenso. (...) Aplico uma parte depois a outra... Fica perdido?

Professor9: Não, eu acho que dividido é melhor porque acho que se fica contínuo assim já vai se tornar cansativo. E assim dividido a gente pode dar uma parada, falar, questionar os alunos, aí dar continuidade. Então eu acho que é bom ter essas paradas, porque se não fica cansativo.

Moderador: Complementar então a segunda parte, após aquela questão que fecha o programa.

Professor (?): Isso... É...

Moderador: Complementar ainda com mais um pedaço.

Observador: E o contrário, mais dividido, não é interessante? Mais modular?

Professor1: Eu acho que quanto mais modular... Porque as aulas são variáveis, da manhã da noite, de sala pra sala. O conteúdo a gente consegue dar a aula inteira numa determinada turma e na outra não. Se você modular isso... Daí você pode modular dois com isso (...).

Moderador: Alguém tem uma sugestão de onde modular? Eu fiz aquele programa daquele jeito, mas vocês se tiverem sugestões... Porque não sou eu quem está dando a aula na sala, fica

difícil de eu saber onde vocês conseguem dividir o conteúdo. Vocês têm alguma sugestão de como dividir?

Professores buscam anotações e abrem o programa novamente.

Professor9: Você dividiu assim: neurônios, a glia, células de Swanm, transmissão do sinal, não é isso? Potencial de ação e condução do impulso. Eu (...) pararia aí nas células de Swanm.

Professor1: O primeiro módulo, não é?

Professor9: É, o primeiro módulo até células de Swanm.

Professor (?): Depois transmissão do sinal.

Moderador: Então, talvez fazer módulos menores ainda.

Professor11: Eu estava comentando com ele que eu senti falta agora também, foi contextualizar mais, dar exemplos práticos de onde algumas situações acontecem.

Professores: É também. (Professores concordando ao mesmo tempo)

Professor11: Transporte ativo, e mostra lá o transporte ativo, mas em que situação prática real isso aconteceria. Um exemplo pra situar o aluno.

Moderador: Um exemplo? Eu acho um pouco complicado. Contextualizar? É por que é uma coisa num nível que é difícil fazer a transferência para algo que é vivenciado. Mas eu posso...

Professor11: Sabe por quê? Por que o nosso aluno, se ele não vivencia em boa parte ela é perdida a informação.

Professor9: Gozado, mas eu não achei isso. Porque ele está vivenciando a quebra da molécula ali, não está?

Professor11: Sim, mas em que? Mas funciona para que isso?

Professor9: Pra entrada e saída de substâncias.

Professor11: Sim, mas por que vai entrar e sair substâncias?

Professor9: Mas daí você explicou... Por que a célula precisa receber alimento, energia.

Professor11: Então, mas daí tem que... Entendeu?

Reunião interrompida.

Moderador: Vocês acham que o programa pode ser utilizado em aula?

Professores: Pode. Deve.

Moderador: As próprias escolas... Vocês acham que as escolas têm condições de aplicar o programa. As escolas têm salas?

Professores: Não! Aí é outro problema.

Professor9: Um exemplo, eu tenho uma sala de computação, eu tenho que levar quarenta alunos com dois computadores.

(...)

Professor9: O ideal era ter sala, ter computador, ter data show, ter um técnico nos ajudando...

Professor1: Na escola da prefeitura às vezes fica mais fácil.

Professor9: Prefeitura é mais fácil! Prefeitura tem!

Professores: Concordando com professor1, mas a fala é confusa. Discutem a qualidade das salas de informática nas escolas. Computadores deixados de lado, sem assistência.

Moderador: Alguém aqui gostaria de aplicar esse material em sala de aula?

Professor9: Eu gostaria.

Professores: alguns demonstram interesse.

Moderador: Alguém pode aplicar o material?

Professor5: Eu poderia.

Professores: Reclamam mais uma vez das péssimas condições das salas de computação.

Professora9: Eu poderia para dois alunos (risadas).

Professores: Ainda reclamando das salas de computação.

Moderador: Então apesar de vocês acharem que o programa poderia ser utilizado, tem potencial, não tem como utilizar.

Professores: Não tem como...

Moderador: E os alunos? Vocês acham que os alunos poderiam utilizar em casa?

Professores: Sim, uma parte sim.

Moderador: O que vocês acham que poderiam, no programa em si... O que vocês mudariam?
O que vocês fariam para deixá-lo melhor? Colocar som...

Professor12: Enxugar um pouco o texto, jogar mais interação...

Professor1: Eu não concordo com essa parte do texto... Apesar de que... Eu concordo com a Márcia... Mudar o texto, não acho...

Professor (?): Fica cansativo...

Professor1: Fica cansativo, assim...

Professor (?): Só dividir então...

Professor12: Sabe aquela parte que tem o astrócito? Você aperta e aparece o que é o astrócito... Então, ao invés de colocar o texto na tela de fundo com o desenho, você coloca mais elementos de desenho com os nomes e no nome clica e vê a parte escrita se quiser. Com menos informação na tela de fundo e mais nas setinhas aonde ele clica, aí tem a opção de ler ou não.

Professor5: Se fosse um mouse “sensibilizador” só. Você colocou o mouse ali aparece, você tirou ele some. Porque às vezes você quer sumir com o escrito, você quer olhar melhor, não dá. Talvez só aquele sensibilizador você olha lê...

Moderador: Dar mais valor para a parte visual e não para o texto... Tá... Os desenhos.

Professor5: É... Exatamente.

Moderador: Eu acho que a parte do texto...

Professores: Não, está ótimo. (professor12 não concorda, fazendo sinal negativo com a cabeça).

Moderador: Acho que se eu cortar em módulos mesmo, como vocês falaram... Fazer mais módulos, menores, eu acho que já dá uma aliviada.

Professores: Dá uma boa aliviada.

Moderador: Tá bom...

Observador: Disponibilização do programa. Agora eu não sei como é que fica a teoria da prática. Por exemplo, seria muito mais interessante para vocês ele estar em rede, em internet, ou ser distribuído na forma de CDs.

Professores: CD seria legal.

Observador: É... Teoria e prática.

Professor9: CD por que a gente poderia emprestar.

Professores: Mas internet né.

Professor9: É.

Professores debatem, áudio é confuso. Conclusão parece ser de que CD é mais favorável devido ao acesso a conexão discada da internet.

Moderador: Mais alguma coisa?

Observador: Sugestões para uso em sala de aula, alguma forma, método?

Professor1: Sugestão para uso em sala de aula?

Observador: É... Como você usaria o programa em sala de aula... Simplesmente expositivo?

Pararia, intercalaria com alguma parte sua?

Professor (?): É, assim, na sala de aula seria (?).

Observador: Ou deixaria a critério dos alunos, “divirtam-se”?

Professor9: Não! Primeiro tem que ter um pré-conteúdo.

Professor1: Se a gente falar, “divirta-se”, fica...

Professor (?): Sempre entram no Orkut.

Professores: Confuso. Conclusão é que tem que trabalhar junto com o aluno e que existe distração. Reclamam que toda escola deveria ter um “data show”. Exigem da diretoria recurso de “data show” para escolas.

Moderador: Alguém mais tem alguma sugestão? Mais alguma coisa pra falar sobre o programa?

Professor5: Se a gente lembrar alguma coisa não tem um email que a gente possa mandar...

Moderador: Pode mandar um email...

Professores: Alguns reclamam dos emails.

Observador: Só uma ultima pergunta. Quantos entraram em contato com o software sem ser aqui, agora? Quem já tinha olhado o software antes?

Professor: Em casa?

Observador: Em casa. 50%. Algum motivo especial pra quem não olhou? Muito atarefado?

Falta de tempo? Vocês receberam o software, não receberam?

Professores: Alguns receberam...

Diretora: Hoje que eu entreguei... Que eu deixei recado e não vieram buscar...

Professores e diretora discutem.

Moderador: Quem só viu o programa hoje e quiser conversar depois, pode mandar um email.

Se tiver mais alguma sugestão, pode mandar.

Moderador anota email na lousa.

Observador pede para professores que tiverem mais sugestões enviarem emails. Moderador se coloca a disposição para aplicar o programa nas escolas.

ANEXO 4

ESTUDO: Educação Mediada por Computador para Ensino de Neurofisiologia Básica para Alunos do Ensino Médio – Tese de Mestrado: André H. Kanamura

Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo – Departamento de Fisiologia
Laboratório de Neurociência e Comportamento

Pseudônimo: _____

1.(Fuvest 97) Examine a seguinte lista de eventos que ocorrem na propagação de um impulso nervoso:

- I. Neurotransmissores atingem os dendritos.
- II. Neurotransmissores são liberados pelas extremidades do axônio.
- III. O impulso se propaga pelo axônio.
- IV. O impulso se propaga pelos dendritos.
- V. O impulso chega ao corpo celular.

Que alternativa apresenta a seqüência temporal correta desses eventos?

- a) V - III - I - IV - II
- b) I - IV - V - III - II
- c) I - IV - III - II - V
- d) II - I - IV - III - V
- e) II - III - I - IV - V

2. Além dos neurônios, o sistema nervoso é também composto por oligodendrócitos, astrócitos e células de Schwann. Sobre este segundo conjunto células é **incorreto** dizer:

- a) Recobrem os axônios dos neurônios formando a bainha de mielina;
- b) Suprem os neurônios de substâncias necessárias para seu funcionamento adequado;
- c) A destruição destas células acarreta em elevação na velocidade de condução do potencial de ação que pode levar ao desenvolvimento de patologias;

3.[adaptado] (Pucsp 97) Os esquemas a seguir mostram, de forma simplificada, a condução do impulso nervoso:

Sabe-se que quando em repouso há uma diferença de potencial entre o interior e o exterior do neurônio, que está relacionada à distribuição desigual de íons nesses dois meios (1). Com um estímulo de intensidade acima do limiar, (2) ocorre alteração de permeabilidade da membrana

com entrada de Na^+ , o que leva o meio interno a ficar inicialmente "positivo" e o meio externo a ficar "negativo", seguida de saída de K^+ , levando à retomada da situação inicial. Essa alteração num ponto da membrana leva a alterações nos pontos vizinhos, sucessivamente, levando à condução do impulso (3). Após a passagem do impulso, normaliza-se a permeabilidade da membrana e a situação inicial é retomada. Assinale a alternativa **incorreta** com relação ao mecanismo acima descrito:

- a) esse mecanismo não depende de consumo imediato de ATP (energia) para se realizar.
- b) esse mecanismo depende do processo de respiração celular para se realizar.
- c) nesse mecanismo está envolvido movimento de entrada e de saída de íons do neurônio.
- d) nesse mecanismo constata-se a existência de transporte ativo de íons.
- e) nesse mecanismo constata-se inversão do estado elétrico da membrana do neurônio.

4. (Ufpe 2000) Assinale a alternativa que completa corretamente a afirmação: "O impulso nervoso apresenta duas etapas chamadas de despolarização e repolarização, causadas, respectivamente, por:

- a) entrada de íons sódio e saída de cloro.
- b) entrada de íons potássio e saída de sódio.
- c) entrada de íons cloro e saída de sódio.
- d) entrada de íons potássio e saída de cloro.
- e) entrada de íons sódio e saída de potássio.

5.[adaptado] (Fatec 97) O gráfico a seguir mostra a variação do potencial da membrana do neurônio quando estimulado.

O potencial de ação para um determinado neurônio:

- a) varia de acordo com a intensidade do estímulo, isto é, para intensidades pequenas temos potenciais pequenos e para maiores, potenciais maiores.
- b) é sempre o mesmo, porém a intensidade do estímulo não pode ir além de determinado valor, pois o neurônio obedece à 'lei do tudo ou nada'.
- c) varia de acordo com a 'lei do tudo ou nada'.
- d) aumenta ou diminui na razão inversa da intensidade do estímulo.
- e) é sempre o mesmo, qualquer que seja o estímulo, porque o neurônio obedece à "lei do tudo ou nada".

6. A figura a seguir representa um terminal sináptico.

A alternativa que descreve corretamente os nomes das estruturas respectivamente é:

- a) Fenda sináptica; membrana pré-sináptica; membrana pós-sináptica; microtúbulos; vesícula sináptica; neurotransmissores.
- b) Microtúbulos; vesícula sináptica; fenda sináptica; membrana pré-sináptica; neurotransmissores; membrana pós-sináptica.
- c) Microtúbulos; neurotransmissores; fenda sináptica; membrana pré-sináptica; vesícula sináptica; membrana pós-sináptica.
- d) Microtúbulos; membrana pré-sináptica; neurotransmissores; fenda sináptica; membrana pós-sináptica; vesícula sináptica.
- e) Membrana pré-sináptica; Microtúbulos; vesícula sináptica; fenda sináptica; neurotransmissores; membrana pós-sináptica.

ANEXO 5

**ESTUDO: Educação Mediada por Computador para Ensino de Neurofisiologia Básica
para Alunos do Ensino Médio – Tese de Mestrado: André H. Kanamura**

Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo – Departamento de Fisiologia
Laboratório de Neurociência e Comportamento

Pseudônimo: _____

1. [adaptado] (Ufpe 2006) Assinale as alternativas com V (verdadeiro) ou F (falso). Nossa detecção do mundo exterior se dá pela percepção construída a partir da estimulação de receptores sensoriais. Essa estimulação pode gerar mudanças de comportamento, que se expressam normalmente por meio de respostas. Essa relação resulta da condução do impulso nervoso nos neurônios, onde:

- () A despolarização que ocorre nos dendritos alcança o corpo celular; e o impulso nervoso segue pelo axônio;
- () Como regra geral, o impulso atinge o axônio de um neurônio, é conduzido para o corpo celular e deste para o dendrito;
- () O impulso nervoso se propaga em direção ao axônio atingindo suas extremidades, onde vai levar a liberação de neurotransmissores ou mediadores químicos nos espaços sinápticos, o que caracteriza as sinapses químicas;

2. Além dos neurônios, o sistema nervoso é também composto por oligodendrócitos, astrócitos e células de Schwann. Sobre este segundo conjunto células é correto dizer:

- a) São meramente células de preenchimento do sistema nervoso central;
- b) Os oligodendrócitos e astrócitos pertencem ao sistema nervoso periférico e células de Schwann são parte do sistema nervoso central;
- c) A destruição destas células acarreta em redução na velocidade de condução do potencial de ação que pode levar ao desenvolvimento de patologias;

3. Considere as seguintes afirmativas, relativas ao potencial de repouso da membrana:

- I – ele depende do bombeamento de sódio para dentro da célula e potássio para fora da célula;
- II – ele depende das diferentes taxas de influxo e efluxo de íons através da membrana;
- III – ele depende dos 2 processos anteriores, que ocorrem concomitantemente;
- IV- ele depende de transporte ativo que gera uma diferença de concentração de íons;
- V- há uma forte força resultante que tende a impulsionar os íons sódio para dentro do neurônio;

VI- há uma força resultante moderada que tende a impulsionar os íons de potássio para fora da célula;

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmações III, V e VI estão corretas.
- b) Somente as afirmações I, II e III estão corretas.
- c) Somente as afirmações I, II, V e VI estão corretas.
- d) Nenhuma afirmação está correta.
- e) Todas as afirmações estão corretas.

4. [adaptado](Ufpe 2005) Analise a figura a seguir, que mostra a variação do potencial de membrana durante a resposta "tudo ou nada" do neurônio a um estímulo eficaz.

Analise as proposições com V (verdadeiro) ou F (falso).

- () Na fase 1, o limiar de excitação é atingido, canais de potássio abrem-se e o íon flui para dentro da célula impulsionado pela força de difusão e pressão eletrostática.
- () Na fase 2, os canais de potássio dependentes de voltagem, que são menos sensíveis que os de sódio, começam a abrir mais tardiamente que os de sódio; a célula apresenta uma inversão de sua polaridade.
- () Na fase 3, os canais de sódio fecham-se, na verdade eles não podem abrir até que o potencial de repouso seja atingido novamente.
- () Na fase 4, os canais de potássio voltagem dependentes estão fechados, mas o fluxo de íons sódio normaliza o potencial da membrana.
- () Na fase 5, a célula está hiperpolarizada, mas o potencial de membrana é gradualmente normalizado.

5.[adaptado] (Ufpe 2004) O impulso nervoso é um fenômeno de natureza eletroquímica, autopropagado, que caminha pela membrana do neurônio. Com relação a este assunto, podemos afirmar que (assinale V ou F):

() ao ser estimulada, a membrana de um neurônio em repouso pode se despolarizar. Na área estimulada, ocorre uma alteração momentânea na permeabilidade da membrana plasmática e a entrada de íons sódio se o estímulo tiver intensidade suficiente.

() ao período de despolarização, segue-se um período de repolarização, em que o potássio se difunde para o meio extracelular.

() se o estímulo for de baixa intensidade, inferior ao limiar de excitação, as alterações sofridas pelo neurônio serão suficientes apenas para gerar um impulso nervoso de propagação a curtas distâncias.

() a membrana do neurônio em repouso é polarizada. Sua face interna apresenta-se carregada negativamente em relação à face externa.

6. A comunicação entre neurônios ocorre na sinapse. Considere as seguintes afirmações:

I- Vesículas com neurotransmissores se fundem na membrana pré sináptica;

II- Neurotransmissores atingem receptores na membrana pós sináptica;

III- O potencial de ação chega ao terminal sináptico;

IV- Resposta à ativação de receptor é desencadeada no neurônio pós sináptico;

V- Neurotransmissores são liberados na fenda sináptica;

A sequência temporal de eventos correta está apresentada na alternativa:

a) I, II, IV,V,III

b) III, I, IV, V, II

c) II, I, IV,V, III

d) I, II, III, V, IV

e) III, I, V, II, IV