

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

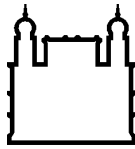
Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE SOFTWARE
PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS: A FARMACOLOGIA
COMO MODELO DE INTERDISCIPLINARIDADE**

ANTONIO AUGUSTO FIDALGO NETO

Rio de Janeiro

2011



Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde

ANTONIO AUGUSTO FIDALGO NETO

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE SOFTWARE PARA O ENSINO DE
CIÊNCIAS: A FARMACOLOGIA COMO MODELO DE
INTERDISCIPLINARIDADE**

Tese apresentada ao Instituto Oswaldo Cruz
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Anastacio Alves

RIO DE JANEIRO

2011

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Biomédicas/ ICICT / FIOCRUZ - RJ

F449

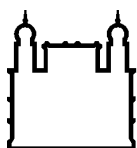
Fidalgo Neto, Antonio Augusto.

Desenvolvimento e avaliação de software para o ensino de ciências: a farmacologia como modelo de interdisciplinaridade. / Antonio Augusto Fidalgo Neto. – Rio de Janeiro, 2011.
ixi, 173 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) – Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, 2011.
Bibliografia: f. 163-173

1. Software educativo. 2. Farmacologia. 3. Interdisciplinaridade. 4. Tecnologia da informação. I. Título.

CDD 005.3



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde

ANTONIO AUGUSTO FIDALGO NETO

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE *SOFTWARE* PARA O ENSINO DE
CIÊNCIAS: A FARMACOLOGIA COMO MODELO DE
INTERDISCIPLINARIDADE.**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Anastacio Alves

Aprovada em: 30.09.2011

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Helena Carla Castro - Presidente

Prof. Dr. Vinícius de Frias Carvalho

Prof. Dr. Isabela Cabral Félix

Prof. Dr. Mauricio Roberto Motta Pinto da Luz – Revisor e primeiro suplente

Prof. Dr. Tânia Cremonini de Araújo-Jorge – suplente

Rio de Janeiro, 30 de setembro de 2011

Para as minhas amadas filhas
Luiza e Isabella, meus pais, Jane e
Antonio, irmã Sávia, e para Cristiane, o
meu grande amor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu amigo e orientador Luiz por toda a energia investida. Obrigado por ter compartilhado a sua vivência, conhecimento e seus pontos de vista, especialmente singulares!

Ao amigo de longa data Renato pela grande dedicação e auxílio na realização deste trabalho.

Para Cristina que, desde outros “laboratórios”, se mostra como uma grande amiga. Muito obrigado pela cuidadosa leitura deste trabalho!

Aos amigos Filipe, Anael, Ivone e Ricardo que nunca deixaram de atender a um pedido de ajuda! Vocês foram muito importantes para a realização deste trabalho.

Aos amigos André, Rômulo, e todos os meus companheiros do laboratório de comunicação celular.

Ao professor Maurício Luz pela presteza e cuidado na revisão deste trabalho.

A todos os professores e alunos que participaram desta pesquisa. Sem vocês, este trabalho não teria sido realizado.

Ao grande amigo Sérgio, sempre presente nos momentos alegres e não tão alegres assim.

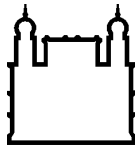
Ao grande amigo Augusto Abe responsável pelo despertar de minha carreira científica há muitos anos atrás.

Aos avós Antonio Fidalgo e Aura que mesmo na saudosa lembrança contribuíram com o exemplo de caráter e conduta impecáveis servindo como imagem a ser seguida em todos os momentos da minha vida.

A todos os meus amigos que direta ou indiretamente me deram força e contribuíram para a conclusão desta importante etapa.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| RESUMO..... | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| 1. MOTIVAÇÃO..... | 1 |
| 2. INTRODUÇÃO..... | 3 |
| 2.1. Interdisciplinaridade..... | 3 |
| 2.1.1 – Breve Histórico..... | 3 |
| 2.1.2 – Interdisciplinaridade - Conceito..... | 5 |
| 2.1.3 – Interdisciplinaridade no Brasil e no Mundo..... | 6 |
| 2.2. Tecnologias da Informação na Educação..... | 9 |
| 2.2.1 Software Educativo..... | 17 |
| 2.2.1.1 – Software e as Teorias de Aprendizagem..... | 19 |
| 2.2.1.2 – Classificação e Desenvolvimento de Software Educacional..... | 25 |
| 2.2.2 Efetividade das Tecnologias da Informação na Educação..... | 30 |
| 2.3 A Farmacologia como Modelo de Interdisciplinaridade..... | 33 |
| 3. OBJETIVOS..... | 38 |
| 3.1 <i>Gerais</i> | 38 |
| 3.2 <i>Específicos</i> | 38 |
| 4. RESULTADOS..... | 40 |
| 4.1 Artigo 1..... | 40 |
| 4.2 Artigo 2..... | 69 |
| 4.3 Artigo 3..... | 98 |
| 4.4 Artigo 4..... | 127 |
| 5. DISCUSSÃO..... | 150 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 162 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 163 |



Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

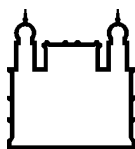
RESUMO

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE SOFTWARE PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS: A FARMACOLOGIA COMO MODELO DE INTERDISCIPLINARIDADE

As tecnologias de Informação estão cada vez mais inseridas no contexto educacional. Existe grande necessidade de um aprofundamento do conhecimento do impacto destas tecnologias na sala de aula para professores e alunos. O computador e os softwares educacionais já fazem parte integrante da realidade de muitos ambientes educacionais, contudo, mais estudos são necessários para que os benefícios do uso destas tecnologias sejam reais. Nesse contexto, se insere o ensino de Farmacologia, uma disciplina central do currículo das áreas biológicas e da saúde, importante para a formação de muitos profissionais da saúde. Dados da literatura apontam problemas no ensino desta disciplina sugerindo a necessidade de mudanças. Assim, o presente estudo consistiu de uma forma ampla, em estudar o uso das tecnologias da informação no ambiente educacional, com foco no desenvolvimento e uso de um software para o ensino da Farmacologia e o seu impacto na aprendizagem. O software foi desenvolvido sob uma perspectiva interdisciplinar, agrupando vários assuntos, com várias abordagens voltadas para a Farmacologia, uma ciência interdisciplinar por essência.

Uma série de disparidades foi encontrada após uma revisão bibliográfica sobre o uso das tecnologias da informação no cenário brasileiro, assim como problemas específicos no ensino da Farmacologia nas escolas médicas do estado do Rio de Janeiro. Por outro lado, o uso do software mostrou resultados positivos sobre a aprendizagem dessa importante disciplina em estudantes de graduação das várias áreas da saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Software educativo; Farmacologia; Interdisciplinaridade; Tecnologias da Informação.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

ABSTRACT

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF SOFTWARE TO TEACH SCIENCE: PHARMACOLOGY AS AN INTERDISCIPLINAR MODEL

Information technologies are increasingly embedded in the educational context. There is great need for a deeper understanding of the impact of these technologies in the classroom for teachers and students. The computers and educational software are an integral part of the reality of many educational settings, however, more studies are needed for the understanding the real benefits of the use these technologies. In this context, Pharmacology is a central subject of the curriculum of all biological and health area and is a very important subject for medical training. Literature data point to problems with the teaching of this subject suggesting the need for change. Thus, this study consisted of a broad description of the use of information technology in the educational environment, focusing on the development and use of software for the teaching of pharmacology and their impact on learning. The software was developed under an interdisciplinary perspective, grouping a number of issues with various approaches and deeply rooted in pharmacology. A number of gaps were found after a literature review on the use of information technology in the Brazilian scene, as well as specific problems in the teaching of pharmacology in medical schools in the state of Rio de Janeiro. On the other hand, the use of the software showed positive results on learning this important subject within biological and health curriculum.

Keywords: Educational Software, Pharmacology, Interdisciplinary, Technology of information

1. MOTIVAÇÃO

Após a conclusão do mestrado, na área de Toxicologia, iniciei minha carreira docente onde até hoje atuo. Desde então, já tive a experiência em dar aulas para várias turmas, em várias disciplinas de vários cursos de graduação e pós-graduação. No contexto do ensino privado há grande demanda por professores que “aceitem” dar aulas de várias disciplinas. No início da carreira fui um dos muitos que aceitaram o desafio. Disciplinas como histologia, bioquímica, biologia geral, biologia molecular, fisiologia, e muitas outras já fizeram parte do meu dia a dia profissional. Da mesma forma, já participei como docente de cursos como farmácia, fisioterapia, ciências biológicas entre outros em várias instituições de ensino superior. Ao longo de mais de 10 anos de experiência, fui aos poucos, me estabelecendo como professor das disciplinas de maior adesão à minha formação - Farmacologia e Toxicologia. Não me considero um professor completamente maduro na posição, contudo, com as vivências que já acumulei, sou capaz de fazer reflexões sobre o ensino e a aprendizagem dessas disciplinas, e das ciências de um modo geral.

É importante dizer, que apesar do aspecto quase pessoal, sempre fui um grande aficionado pelas tecnologias, dentre elas, as que envolvem o uso de computadores e softwares. Desde ainda bem jovem, por volta dos 11 anos de idade, já fazia minhas rotinas e meus programas em *Basic* no ambiente DOS, em computadores, que atualmente, uma criança seria incapaz de entender, que existiram programas desse tipo.

Foi a partir da minha experiência docente e da minha visão crítica sobre as práticas desenvolvidas em sala de aula que uma parte deste trabalho pôde ser construído.

Alguns anos após a conclusão do mestrado tive a oportunidade de conhecer o Prof. Luiz Anastácio Alves, que me despertou o interesse em desenvolver um trabalho que pudesse aliar a minha experiência docente com o uso de tecnologias da informação na educação. Assim, nasceu o projeto para desenvolver um software para o ensino de Farmacologia.

A Farmacologia é uma disciplina marcante para a grande maioria dos alunos dos cursos das áreas biológicas e da saúde. Muitos professores, e me incluo nessa lista, já começam a primeira aula do semestre com alunos amedrontados, desmotivados e certos de que um único período para a disciplina – de um único período – não seria possível.

Notas, em sua maioria, constrangedoras, e um aprendizado discutível fazem parte do cotidiano de muitos cursos de Farmacologia. Como professor sempre tentei construir e aplicar estratégias para minimizar essa realidade. Já fiz algumas reflexões profundas sobre o tema e pude tirar algumas conclusões. Percebi que muitos dos conceitos essenciais para a Farmacologia utilizavam outros, oriundos da matemática, química orgânica, físico-química, fisiologia e muitas outras. Sempre que conseguia integrar tais conceitos – passando pelas diferentes disciplinas – um novo ambiente era criado, resultando, na maioria das vezes, em um aumento da motivação entre os alunos, e consequentemente em notas significativamente melhores. Talvez, o início da minha carreira docente, forçosamente multidisciplinar, tenha me proporcionado subsídios para um dia, tentar trabalhar de modo interdisciplinar. Sob essa ótica, a Farmacologia é essencialmente interdisciplinar, e com certeza não faz parte do currículo básico dos cursos das ciências biológicas e da saúde. Ela obriga um grau significativo de maturidade acadêmica e científica, que frequentemente não encontramos na grande maioria dos alunos.

Assim, contaminado pelo entusiasmo do Prof. Alves resolvi desenvolver e utilizar um software para o ensino da Farmacologia. A idéia foi produzir um software sobre Farmacologia, mas que pudesse ser capaz de transitar em diferentes áreas e com conteúdos integrados, a partir de vários estímulos para o aluno, como por exemplo, animações, esquemas, texto, etc. Buscamos usar a interatividade e fomentamos a construção do conhecimento a partir do uso dos recursos disponíveis.

À medida que a idéia amadurecia, novos horizontes foram sendo desenhados, culminando em estudos mais amplos que passaram por uma revisão do uso das tecnologias da informação no contexto educacional brasileiro (artigo 1), o conhecimento e importância da interdisciplinaridade por professores, e posteriormente, com foco nas práticas desenvolvidas para o ensino da Farmacologia (artigos 2 e 3) e finalmente o estudo sobre o desenvolvimento e uso do software (artigo 4).

Nesse sentido, esperamos poder contribuir com a educação brasileira fomentando mudanças necessárias às nossas práticas como professores, e na grande demanda pela melhoria da formação dos nossos estudantes, futuros profissionais que desempenharão papéis, muitas vezes estratégicos, em nossa sociedade.

2. INTRODUÇÃO

2.1. INTERDISCIPLINARIDADE

2.1.1 – Breve Histórico

O termo “interdisciplinaridade” foi criado no século XX, contudo as suas origens são substancialmente mais antigas (Klein, 1998). As bases de uma ciência unificada e a integração dos conhecimentos têm sido desenvolvidos desde a antiguidade pela filosofia. Desde então, o processo geral de especialização na sociedade levou a uma crescente divisão do trabalho e do pensamento acadêmico.

A história das ciências nos parece essencialmente disciplinar o que resultou na produção fragmentada do conhecimento entre as diferentes áreas científicas – sobrevivente em alguns casos até os dias atuais. Nesse contexto, um forte indício histórico sobre a origem da fragmentação do conhecimento é relatado na obra “Discurso do Método” de 1637, onde René Descartes propõe que para a solução de uma questão complexa, deve-se decompô-la em partes menores para que o problema seja simplificado. E ainda, a união da resolução das partes seria a resolução do todo.

Durante os períodos clássico e medieval não havia a preocupação em se estabelecer divisões e separações entre os diversos conhecimentos. Com a crise do mundo medieval, foi tomando corpo e se fortalecendo uma nova concepção de leitura do mundo e de seus fenômenos. O próprio homem comum passa a ser visto como alguém que pode conhecer e criar conhecimento (Alves, Neila Guimarães *et al.*, 2009). Como parte dessa nova concepção de leitura do mundo, os pensadores da época começaram, então, a separar os conhecimentos divinos – aos quais o homem comum não poderia ter acesso – dos conhecimentos terrenos, estes sim, acessíveis aos seres humanos, porque também estes poderiam criá-los. O método científico e o pensamento moderno foram então sendo construídos, o que representou a ruptura do modelo de racionalidade vigente, sendo considerado como a revolução científica, e dando origem a que se denomina hoje de ciência moderna (Alves, Neila Guimarães *et al.*, 2009).

Nessa realidade, ao longo da produção do conhecimento, a capacidade criativa envolve muitas vezes a união de ideias previamente não relacionadas. Artistas e pensadores altamente criativos foram capazes de unir ideias aparentemente não relacionadas e não convencionais em grandes expressões da genialidade humana. Esses

aspectos combinados eram oriundos, na maioria das vezes, de diferentes disciplinas. As pressões intelectuais geradas pela interdisciplinaridade resultam em expressões humanas antes não imagináveis (Nissani, 1997). A mobilidade de ocupações e carreiras estão entre as fontes mais poderosas de inovação e desenvolvimento dentro de uma disciplina, e que muitas vezes podem resultar em novas disciplinas relacionadas. A interdisciplinaridade surge no momento em que alguns problemas são insolúveis dentro de uma disciplina e por conta disso, alternativas são encontradas a partir da utilização, interação e/ou integração entre duas ou mais disciplinas (Morin, 2009). De fato, é impossível nos dias de hoje, se tornar um *expert* em todas as áreas do conhecimento. Contudo, devemos ter a noção que a existência humana significa o todo, e não cada uma das disciplinas isoladas, o que faz da interdisciplinaridade a tentativa de pensar em ver em conjunto, e se aproximar mais da realidade.

Muitos avanços no conhecimento humano resultaram da integração dos saberes de várias ciências como os premiados do Nobel de Medicina em 1962, Francis Crick (Físico), James Watson (Biólogo) e Maurice Wilkins (Fisiologista) graças a seus estudos sobre a estrutura do DNA e, logo no ano seguinte, os estudos sobre os potenciais de ação por Huxley e Hodgkins. Ainda na mesma área, temos o surgimento da biologia molecular, possível graças à união de químicos, físicos e biólogos. Além disso, muitas descobertas na ciência acontecem, em decorrência de fatos históricos importantes, como guerras e revoluções, que provocam encontros de refugiados, migrações de idéias e conceitos (Augusto et al., 2004). Vários acontecimentos podem ser apresentados para ilustrar essas transformações interdisciplinares e os seus respectivos desfechos, que em muitos casos ainda fazem parte do presente. Como exemplo, podemos mencionar o projeto genoma que apresentou aos biólogos a oportunidade de estudar processos genéticos numa escala genômica e mais ainda, diferente do paradigma predominante dos especialistas, não se resumiu somente a mecanismos moleculares individuais, mas suas interações e regulações em sistemas (Wingreen e Botstein, 2006). Ainda, no campo emergente da biologia dos sistemas que vêm integrando conceitos e ideias das ciências da vida, engenharia e informática (Tadmor e Tidor, 2005). Como consequência dessas recentes características intelectuais foi necessário uma forte interação entre os limites das disciplinas tradicionais (Bialek e

Botstein, 2004), transformando o pensamento disciplinar entre as ciências para uma visão mais ampla e integrada.

2.1.2 – Interdisciplinaridade - Conceito

Interdisciplinaridade é um termo polissêmico. Muitos autores têm sugerido diferentes classificações e distinções para multidisciplinar, pluridisciplinar e transdisciplinar. (Oecd, 1972; Japiassu, 1976; Klein, 1990; Nissani, 1997; Lattuca, 2001; Nikitina, 2006). As diferenças estão baseadas na forma com que as disciplinas interagem em um currículo, como elas estão intimamente ligadas, e o que pode ser produzido como resultado destas ligações (Oecd, 1972; Japiassu, 1976; Klein, 1990; Nissani, 1997; Lattuca, 2001; Nikitina, 2006). Na temos aqui a intenção de discutir tais diferenças.

Segundo Nissani (1997) a interdisciplinaridade aplica-se a quatro áreas: conhecimento, pesquisa, educação e teoria. O conhecimento interdisciplinar envolve a familiaridade com componentes de duas ou mais disciplinas. A pesquisa interdisciplinar combina os componentes de duas ou mais disciplinas, na busca ou criação de novos conhecimentos, operações ou expressões artísticas. A educação interdisciplinar combina componentes de duas ou mais disciplinas num único programa de instrução. A teoria interdisciplinar faz do conhecimento, pesquisa ou educação interdisciplinar seu objeto principal de estudo (Nissani, 1997).

De acordo com a academia brasileira de ciência, o desenvolvimento social, tecnológico e científico de um país está relacionado com reformas na sua estrutura educacional. Para isso, é essencial a melhoria na qualidade da educação primária e secundária, assim como no ensino superior, no sentido de tornar seus currículos mais flexíveis e integrados (Chaves *et al.*, 2004; Hamburger *et al.*, 2007).

Uma consistente proposta de organização curricular inclui uma perspectiva interdisciplinar focada no desenvolvimento do conhecimento através da informação, de habilidades, de valores e de práticas. Assim, é crucial para o avanço na educação brasileira o desenvolvimento de conhecimento, de técnicas capazes de formar educadores em uma perspectiva interdisciplinar, assim como, de possuir ferramentas e estratégias para que estes educadores possam trabalhar efetivamente com tais conceitos.

Mesmo com o reconhecimento da importância da necessidade da integração entre as áreas do conhecimento, ainda é muito difícil ultrapassar as barreiras

disciplinares. De um lado, a educação/formação sendo essencialmente disciplinar e por outro, os cientistas, formados na maioria das vezes em moldes disciplinares, sendo praticamente obrigados a cruzarem as fronteiras entre as disciplinas.

2.1.3 – Interdisciplinaridade no Brasil e no Mundo

O movimento da interdisciplinaridade teve início em meados dos anos 60 e culminou com as manifestações ocorridas em várias partes do mundo em 1968 (Fazenda, 1998; Nogueira e Nogueira, 2002), sobretudo na França e Itália, na busca da superação de uma visão curricular baseada em uma excessiva especialização. Até meados do século XX, era atribuído à escolarização um papel central no duplo processo de superação do atraso econômico, do autoritarismo e de seus privilégios, associados às sociedades tradicionais, e de construção de uma nova sociedade, justa, moderna e democrática. Supunha-se, por exemplo, que por meio da escola pública e gratuita seria resolvido o problema do acesso à educação, e assim garantido, em princípio, a igualdade de oportunidades entre todos os cidadãos. A escola deveria ser uma instituição neutra baseadas em critérios racionais de funcionamento.

Nesse período dá início uma crise profunda da concepção de escola e do papel dos sistemas de ensino na sociedade.

Segundo Nogueira e Nogueira (2002) pelo menos dois movimentos foram responsáveis, pelo menos em parte, por essa crise transformando o olhar sobre a educação (Nogueira e Nogueira, 2002). Em primeiro lugar, tem-se, a partir do final dos anos 50, a divulgação de uma série de grandes pesquisas quantitativas patrocinadas pelos governos inglês, americano e francês que mostraram de forma clara, o peso da origem social sobre os destinos escolares. A partir deles, foi reconhecido que o desempenho escolar dependia também da origem social dos alunos. O outro movimento se relacionou a certos efeitos inesperados da massificação do ensino, refletindo em um progressivo sentimento de frustração dos estudantes, em especial nos franceses, com o caráter autoritário e elitista do sistema educacional. Além disso, era notório o baixo retorno social e econômico auferido pelos certificados escolares no mercado de trabalho. Nesse contexto, críticas contundentes ao sistema educacional começaram a ser feitas contribuindo para a eclosão de um amplo movimento de contestação social em 1968 (Bordieu, 1992). A crença da igualdade de oportunidades, meritocracia, justiça

social, dentre outras se desfaz, e passa a ser vista como a reprodução e legitimação das desigualdades sociais.

A interdisciplinaridade, então, surgiu pela necessidade de construção de um novo paradigma de ciência e de conhecimento, além da necessidade de elaboração de um novo projeto de educação, escola e vida, constituindo-se, assim, numa prática educativa reativa à abordagem disciplinar e normalizada do conhecimento, traduzida, na prática, como uma atividade coletiva e solidária onde se articulam saberes e fazeres (Fazenda, 1998).

Dentro desse conceito, Ivani Fazenda reconhece e apresenta três momentos do movimento na busca da interdisciplinaridade, distinguindo-os pelas tarefas que foram sendo desenvolvidas em cada uma das etapas. Assim, ela aponta que na década de 1970 a procura era por uma definição de interdisciplinaridade; já na década de 1980, a tarefa era a de explicitar um método e, por fim, na década de 1990, o objetivo era o de construir uma teoria da interdisciplinaridade (Fazenda, 1998).

Convém lembrar que a primeira produção significativa sobre a interdisciplinaridade no Brasil é de Hilton Japiassu que na época, já apresentava os principais questionamentos a respeito da temática e seus conceitos, fazendo uma reflexão sobre as estratégias interdisciplinares, baseada em experiências realizadas naquele período (Japiassu, 1976).

No Brasil, o conceito e as práticas interdisciplinares estão contempladas, por exemplo, nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, segundo o parecer do Conselho Nacional de Educação e da Câmara de Educação Básica (parecer CNE/CEB No. 15/98).

“A partir do problema gerador do projeto, que pode ser um experimento, um plano de ação para intervir na realidade ou uma atividade, são identificados os conceitos de cada disciplina que podem contribuir para descrevê-lo, explicá-lo e prever soluções. Dessa forma, o projeto é interdisciplinar na sua concepção, execução e avaliação, e os conceitos utilizados podem ser formalizados, sistematizados e registrados no âmbito das disciplinas que contribuem para o seu

desenvolvimento. O exemplo do projeto é interessante para mostrar que a interdisciplinaridade não dilui as disciplinas, ao contrário, mantêm a sua individualidade. Mas integra as disciplinas a partir da compreensão das múltiplas causas ou fatores que intervêm sobre a realidade e trabalha todas as linguagens para a constituição do conhecimento, comunicação e negociação de significados e registro sistemático dos resultados.”

No ano de 2009 o Ministério da Educação encaminhou ao Conselho Nacional de Educação uma proposta, que foi aceita, de desenvolvimento de um programa intitulado de “Ensino Médio Inovador”. O referido programa tem, em linhas gerais, o objetivo de estabelecer o apoio a inovações curriculares para o Ensino Médio nas escolas públicas brasileiras. Nesse contexto, é levada em consideração a busca por uma articulação interdisciplinar voltada para o desenvolvimento de conhecimentos através de atividades integradoras e desenvolvendo relações entre as dimensões “trabalho, ciência, tecnologia e cultura”, ou seja, entre os eixos constituintes do Ensino Médio.

Por outro lado, no ensino superior, onde as práticas interdisciplinares deviam estar consolidadas, muitos debates ainda se realizam neste contexto. Em 2007, o Ministério da Educação lançou o Plano de Desenvolvimento da Educação, que dentre outras coisas continha o decreto n. 6096 que estabelecia o programa de Apoio à Reestruturação e Expansão das Universidades (REUNI) (Brasil, 2007). Seus principais objetivos são a criação de condições para a melhoria no acesso e retenção no nível superior, melhorias na qualidade dos cursos e melhor utilização das infra-estruturas físicas e humanas já presentes nas universidades públicas. Incluído no REUNI estava o projeto UNIVERSIDADE NOVA que propunha a reestruturação curricular no sentido de implementar o conceito da interdisciplinaridade, com o bacharelado interdisciplinar. Nesse bacharelado o estudante receberia uma formação geral de aproximadamente dois anos e em seguida poderia escolher uma carreira específica.

Cabe ressaltar que a interdisciplinaridade já era defendida desde o início do século XX. O filósofo e educador norte-americano John Dewey, na sua obra *Democracia e Educação*, publicada em 1916, já defendia tais práticas na escola. Dewey

defendeu e considerou a educação como um instrumento valioso na construção e manutenção de uma sociedade democrática. Nesse sentido, a relação entre a teoria e a prática educativa deve ser desenvolvida para que os educandos venham a ser cidadãos ativos, agindo a partir de críticas e investigações reflexivas sobre a realidade onde vivem. Podendo assim, se tornarem indivíduos comprometidos com a permanente construção de uma sociedade justa e igualitária (Dewey, 1979). Índícios ainda no final do século XIX mostraram tentativas de relacionar as disciplinas escolares. Isto foi reconhecido como o germe do moderno movimento de integração curricular, definida como um conjunto de ideias filosóficas e psicológicas aplicadas aos métodos de ensino (Klein, 1998). A crescente utilização dos conceitos de correlação e currículo se consolidaram durante os anos 1930 e 40. Durante esse período, os esforços para a reforma curricular realizada em âmbito nacional e em alguns estados incentivaram ativamente a introdução de uma abordagem integrada no currículo escolar. Um dos primeiros resultados experimentais da implementação da interdisciplinaridade foi realizado por Hopkins (1937). Durante oito anos, alunos de trinta escolas de grades curriculares integradas foram comparados com estudantes que seguiram os programas tradicionais. Os resultados indicaram que alunos expostos a uma educação centrada no estudo de problemas ou questões que integrem o conhecimento de diferentes disciplinas, demonstraram maior curiosidade intelectual, mostraram melhores atitudes para a aprendizagem quando comparados aos seus pares submetidos aos programas tradicionais (Hopkins, 1937).

No Brasil, ainda há discussão sobre a interdisciplinaridade, contudo, a formação de professores, a implementação nas salas de aula, assim como a adequação curricular parecem estar longe da realidade.

2.2. TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO NA EDUCAÇÃO

Modificações significativas na sociedade foram observadas a partir do momento em que os computadores se tornaram disponíveis nos anos de 1950. A forma como a economia passou a ser movimentada, os serviços realizados, o desenvolvimento das ciências foram profundamente modificados com o uso dos computadores (Flynn, 2002).

Algum tempo mais tarde, por volta da década de 1970, a revolução dos computadores pessoais, principalmente nos EUA e outros países desenvolvidos,

possibilitou o início da inserção de tais tecnologias no ambiente escolar. No Brasil, os computadores pessoais começaram a ser utilizados por volta dos anos 1980, em pequena escala e sofrendo grandes restrições para o seu desenvolvimento e comércio. Em 1979, o governo brasileiro criou a secretaria especial de informática (SEI), e um ano depois, a comissão especial das ciências da computação na educação (comissão especial 1: Informática e educação CE-IE). Como resultado do trabalho dessa comissão em 1981 e 1982 foram realizados os primeiros seminários sobre informática na educação em Brasília e na Bahia, respectivamente. Nesses seminários nasceram ideias sobre os primeiros projetos para uso da informática na educação, sendo principalmente desenvolvidos pelas Universidades Públicas (Carvalho e Cukierman, 2006).

Em 1986, o governo brasileiro criou o Plano Nacional para o Desenvolvimento da Informática (PLANIN) e mais tarde (1990) as restrições para o mercado da informática foram revogadas, abrindo o mercado brasileiro para o comércio dos computadores pessoais e tecnologias similares para produtos estrangeiros (Carvalho e Cukierman, 2006).

É interessante destacar que as modificações observadas nas práticas educacionais são resultado de forças globais.

A educação deixou a esfera doméstica, e tornou-se, progressivamente, um tema central nos debates políticos nacional e internacional. Essa passagem da educação da esfera doméstica para a esfera pública, com a centralidade que lhe é atribuída nos processos de desenvolvimento humano, coloca problemas complexos às práticas e relações no ambiente educacional (Teodoro, 2003). O uso cada vez mais freqüente das tecnologias da informação, por exemplo, possibilitou o acesso a uma quantidade virtualmente ilimitada de informações, em uma velocidade surpreendente.

Esses efeitos são percebidos nos âmbitos econômico, social, cultural e político, influenciando direta, ou indiretamente professores e estudantes, assim como todo o contexto educacional. A reforma educacional sistêmica é uma manifestação da globalização que causa grande impacto na formação dos professores bem como em suas práticas cotidianas (Tatto, 2006). Em grande parte, essas mudanças são resultado das preocupações mundiais relacionadas à competitividade em uma economia dinâmica e global.

Independentemente do potencial pedagógico do uso das tecnologias da informação, a forte influência que esta demanda, em praticamente todos os momentos do cotidiano, já impõe ao sistema educacional a formar estudantes com habilidades e competências para a utilização de tais recursos.

A sociedade brasileira está atualmente estruturada sobre uma forte influência dos computadores e suas tecnologias. Como exemplo, o Brasil foi o primeiro país no mundo a possuir eleições integralmente eletrônicas. Introduzido em 1996, as urnas eletrônicas e a computação dos dados produzem resultados em tempo próximo ao real. Ainda no contexto político, as tecnologias da informação, na forma da Internet, foram decisivas na disseminação de notícias e possuindo caráter determinante no resultado de algumas eleições (Alde, 2005). Outros exemplos como o sistema bancário brasileiro, onde quase todas as transações podem ser realizadas em ambiente virtual, ilustra a grande influência das tecnologias da informação na sociedade brasileira. Dados crescentes de vendas de computadores pessoais, especialmente os portáteis, acesso à Internet e inúmeros outros exemplos poderiam ser utilizados para demonstrar o cenário da informática hoje no Brasil.

Por outro lado, o sistema educacional brasileiro, na maioria dos casos, permanece sob um paradigma anacrônico, onde o professor possui o papel central na transferência do conhecimento. Muitas vezes o quadro negro é o único recurso pedagógico, com salas de aulas repletas de alunos em longos períodos de maçantes aulas puramente expositivas (Castro, 1999). Como exemplo, podemos discutir sobre o currículo tradicionalmente utilizado. Dentre as teorias curriculares, a tradicional, facilmente encontrada nas escolas, tem como principal foco identificar os objetivos da educação escolarizada, formar o trabalhador especializado ou proporcionar uma educação geral, acadêmica, à população (Hornburg e Silva, 2007).

Mesmo nesse cenário, vários esforços já foram e vem sendo realizados no sentido de melhorar a educação brasileira. Já na década de 1930, com Anísio Teixeira e colaboradores, vários projetos e pesquisas foram desenvolvidos para a busca de inovações na educação brasileira. Podemos mencionar a difusão dos pressupostos da Escola Nova que fomentava mudanças nas filosofias e práticas educacionais da época. Pesquisadores contemporâneos, seguindo os pressupostos dessa época defenderam a

importância de profundas atualizações para a educação brasileira (Tancredi, 1998; Giordan, 2005; Telles *et al.*, 2006).

Considerando as reais necessidades de mudanças nos paradigmas vigentes, o uso das tecnologias de informação na educação vem apresentando um grande potencial como ferramenta de auxílio desta transformação. Existem muitas discussões e propostas sobre o uso dos computadores como ferramentas de transformação das práticas pedagógicas ao invés de um simples meio de produção e disseminação do conhecimento (Castro, 2000). De acordo com o Programa Nacional Para os Computadores na Educação (PROINFO), uma das condições essenciais para o uso das tecnologias da informação no ambiente escolar se apóia na disponibilidade de bons professores, qualificados em dois níveis, os educadores e aqueles capazes de treinar outros professores para o uso de tais tecnologias. Dessa forma, os principais obstáculos poderiam ser vencidos dentro das salas de aula, tornando os professores capazes de utilizar integralmente os computadores e seus recursos na sua prática (Rusten e Suguri, 2002).

O uso das tecnologias da informação na educação brasileira pode ser encontrado em registros desde a década de 1960. Nesse momento, eram descentralizados e desconectados, resultado de esforços individuais de algumas universidades brasileiras (Oliveira *et al.*, 1995).

Historicamente, o projeto EDUCOM foi a primeira ação efetiva para o uso dos computadores na educação brasileira. Em 1983, cinco centros foram criados para o treinamento de professores e a implantação de computadores. Esses centros foram criados em diferentes regiões, no Rio de Janeiro (UFRJ), em Pernambuco (UFPE), em Minas Gerais (UFMG), no Rio Grande do Sul (UFRGS) e em São Paulo (UNICAMP) (Oliveira *et al.*, 1995).

Nesse contexto, na UNICAMP, uma classe com 24 estudantes, aprendeu biologia, física, química, português e matemática, com quatro computadores e uma impressora, usando a linguagem LOGO, a partir de uma abordagem de ensino baseado em problemas. Alguns anos depois, o projeto foi expandido com mais 15 computadores e outros níveis de educação foram inseridos (Oliveira *et al.*, 1995).

Outra informação importante pode ser observada na UFRJ, onde pesquisadores desenvolveram práticas e softwares para trabalhar com a física, a biologia, a química e a

matemática. Eles selecionaram escolas do ensino médio na cidade do Rio de Janeiro como campo para suas análises e experimentos. A filosofia central era a integração de professores e alunos tanto da Universidade quanto da escola. Como resultado, mais de 100 softwares foram desenvolvidos para o ensino e aprendizado das ciências naturais e da matemática.

Seguindo a mesma perspectiva, na UFMG, o trabalho envolveu professores de biologia, de geografia, de português, de matemática e de física, além de muitos pesquisadores na área da educação (pedagogia, filosofia e sociologia). Quatro eram os objetivos: equipar escolas, desenvolver softwares, treinar professores incluindo o uso na educação especial (Tavares, 2009).

Já em Pernambuco os pesquisadores buscaram treinar professores, avaliar softwares educativos e analisar o uso do LOGO como promoção de aprendizagem. Em 1981, a Faculdade de Psicologia da UFRGS, através do laboratório de Estudos Cognitivos iniciou estudos sobre os computadores na educação submetido à abordagem Construtivista. O projeto EDUCOM foi fundamental na integração com outros centros de estudo sobre o uso de computadores na educação. O trabalho da UFRGS incluiu o treinamento de professores com bases construtivistas, da mesma maneira que o uso do LOGO, como ferramenta educacional nos ambientes escolares. Cabe ressaltar também, a implementação de um curso de graduação e pós-graduação na área de informática e de educação. A UNICAMP e a UFRGS foram pioneiras nesse campo, e são hoje importantes centros de desenvolvimento e de pesquisa sobre tecnologias da informação no ambiente educacional.

Em 1990, um projeto sobre as tecnologias da informação no cenário educacional produziu um grupo de trabalho no Instituto Brasileiro de Tecnologias em Informática. Desse grupo, várias idéias surgiram relacionadas ao uso das tecnologias da informação na educação. Dentre elas, podemos destacar o programa de acompanhamento de 17 escolas envolvendo aproximadamente vinte mil estudantes, em cursos intensivos. O programa se desenvolveu nas cidades de Recife, de Natal e de Fortaleza (Jurema *et al.*, 1996). Considerado como um programa bem sucedido contribuiu para a formação de muitos professores sob uma perspectiva da pedagogia da informática.

No final dos anos 1990 ocorreu uma importante conferência que buscava discutir especialmente os softwares educativos. A conferência chamada de “Educação em

Bytes” foi realizada, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, para discutir o papel dos softwares educativos como ferramentas para o ensino e a aprendizagem. O evento se concentrou no desenvolvimento, na avaliação e na implantação dos softwares. Nessa época, e até mesmo nos dias de hoje, empresas de desenvolvimento produziam softwares educativos com animações, cores, sons, contudo, sem bases pedagógicas definidas (Campos, 2005; Giordan, 2005; Hannan, 2005).

Dados sobre avaliação de software são escassos nos bancos de dados científicos brasileiros. O desenvolvimento de softwares educacionais é um campo emergente no contexto da educação, e alguns grupos de pesquisa já vêm desenvolvendo novas metodologias, assim como buscando estratégias para avaliação destas ferramentas. Como exemplo, a Universidade de Mogi das Cruzes vem desenvolvendo novas abordagens para interatividade e design de novos softwares educacionais (Barretto *et al.*, 2003).

Outro exemplo pode ser visto na faculdade de Ciências da Computação da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul estudantes da graduação desenvolveram diversos softwares educacionais (“Abracadabra” (1993), “Gutenberg” (1994), “Túnel do Tempo” (1995)). Atualmente, esse mesmo grupo vem trabalhando com metodologias de desenvolvimento e de engenharia de software, específicas para o contexto educacional (Giraffa, 1999).

Durante a década de 1990, outras universidades e centros de pesquisa brasileiros se envolveram no desenvolvimento de softwares educativos. O programa de Ciência da Computação na COPPE/UFRJ desenvolveu dois softwares, resultado de pesquisas sobre o uso das tecnologias da informação na educação, o “MULEC”, multi editor colaborativo para educação (Tornaghi, 1995) e o “Hiper-Autor”, um ambiente para desenvolvimento de aplicações hipermídia (Breitman, 1993). Ainda na mesma época, a Universidade de Santa Catarina formou um grupo de pesquisa em software educacional chamado de “NÚCLEO”, com mais de 14 softwares produzidos (Breitman, 1993; Tornaghi, 1995).

Em 2000, a UNICAMP e a Universidade de São Francisco desenvolveram um software para a produção de histórias usando computadores em um teatro virtual (Oliveira e Baranauskas, 2000). O teatro é tradicionalmente defendido no contexto educacional como um promotor da criatividade, da imaginação, da interpretação, da

concentração e da expressão. As crianças passam a viver em um mundo passivo quando expostas aos conteúdos da televisão (De Oliveira e Baranauskas, 2000). Atividades teatrais podem ser criadas através dos computadores e as crianças podem trabalhar individualmente ou coletivamente. Esse é um interessante caso da utilização de ambientes virtuais criados por computadores e por softwares com grande sentido lúdico.

Outro estudo realizado na cidade de Santo André (São Paulo) em 2006 descreveu o uso de computadores no ensino fundamental e médio. Sessenta e quatro escolas públicas e privadas participaram do estudo. Foram analisadas as seguintes características: número de laboratórios de informática e quantos realmente funcionavam, uso dos computadores pelos estudantes assim como outras características. Somente quatro das sessenta e quatro escolas estudadas não possuíam laboratórios de informática; embora todos fossem inadequados quanto ao espaço físico e equipamentos. Além disso, os pesquisadores relataram problemas na manutenção dos computadores, assim como baixo nível de treinamento do corpo docente. Não foi relatado o uso de softwares educacionais em nenhuma das escolas estudadas (Araújo e Goulart, 2006). Outro estudo conduzido na cidade de Taguatinga analisou o ensino da matemática em nove escolas. Somente em uma delas havia laboratório de informática, neste caso, três outros laboratórios foram implementados, mas tiveram seus equipamentos furtados. Os dados também apontaram a baixa manutenção e equipamentos inadequados. Dos vinte computadores no laboratório de informática, três estavam fora de uso. A razão computador/estudante nesse caso foi 0,3. Somente três dos sete professores de matemática das escolas estudadas apresentavam treinamento satisfatório para o uso dos computadores (Silva, 2008).

Esses resultados mostram grandes disparidades entre as diferentes regiões brasileiras e a dificuldade de se estabelecer políticas públicas efetivas para o uso das tecnologias da informação no ambiente escolar. Os índices educacionais brasileiros apresentam grande variação regional. De fato, a aquisição e a implementação de laboratórios de informática são processos caros; contudo, isto é somente uma face do problema, e talvez, o de menor complexidade. Capacitar professores e tornar tais práticas comuns no dia a dia da sala de aula se apresentam como obstáculo de difícil superação.

Infelizmente, existem problemas na formação efetiva de professores assim como às suas condições de trabalho (baixos salários, violência em sala de aula, recursos pedagógicos restritos). Algumas ações poderiam ser tomadas no sentido de melhorar tais problemas. O Fundo para a Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e Valorização dos Profissionais da Educação (FUNDEB) regulada pela lei 1.494/2007 (disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/Fundebef/fundeb_mp.pdf) traz algumas importantes medidas para a melhoria das condições de trabalho dos professores, incluindo, fundos para aumentar os salários, o treinamento permanente e os equipamentos escolares.

Outros exemplos podem ser encontrados em alguns cursos de graduação e licenciatura em Educação que incluem a educação em computadores como parte do currículo. Esse é o caso da Universidade de São Carlos que possui em sua grade curricular a disciplina “informática aplicada aos processos de ensino e aprendizagem” para os cursos de licenciatura em matemática (Baldin, 2003). O Programa de pós-graduação lato senso em Ensino em Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz - FIOCRUZ possui disciplinas de informática e educação oferecidas regularmente. Mesmo assim, vários dados na literatura brasileira apontam formação de professores deficiente em relação ao uso de computadores (Tancredi, 1998; Castro, 1999; Brasil, 2006; Castro e Alves, 2007).

Em um estudo conduzido nos EUA, professores foram solicitados a listar os seus principais objetivos em relação ao uso de computadores pelos alunos. O objetivo mais prevalente (51%) foi o de estimular o desenvolvimento das idéias e informações. O segundo mais apontado foi o de auxiliar os estudantes na expressão escrita com 44%, em seguida desenvolver habilidades (37%) e por fim a possibilidade de desenvolverem suas habilidades diretamente em relação ao uso dos computadores (32%) (Becker *et al.*, 1999).

Dados recentes mostraram um baixo uso dessas tecnologias no contexto educacional (Orey *et al.*, 2007). Um abrangente estudo sobre integração de tecnologias de informação no ensino fundamental e médio realizado nos EUA demonstrou que apesar de um grande número de recursos (aproximadamente 8,5 milhões em 1995) estes eram de modo geral subutilizados. Mesmo sendo os princípios construtivistas a base de formação dos professores naquele país, o uso dos computadores se mostraram

essencialmente instrutivistas (Amiel, 2006). Além de um significativo número de equipamentos obsoletos insuficientes para o funcionamento de determinados softwares, o seu uso foi essencialmente como editor de texto (Amiel, 2006).

Os dados brasileiros são infelizmente mais críticos. Dentre as escolas públicas, somente 21% delas possuem laboratórios de informática funcionais (Inep/Mec, 2008). Em um estudo realizado no município de Niterói revelou o mesmo nível de formação deficiente dos professores, baixa infra-estrutura com subutilização dos laboratórios e computadores existentes. Outro dado apresentado nesse estudo mostrou grande deficiência na manutenção dos laboratórios e computadores disponíveis (Castro e Alves, 2007).

Provavelmente, a ação brasileira mais importante no sentido de melhorar o uso das tecnologias de informação no ensino seja o PROINFO Integrado. Esse programa possui três dimensões: 1. infra-estrutura tecnológica, fornecendo computadores e acesso à Internet; 2. conteúdos digitais, oferecendo conteúdos educacionais em diversos meios e 3. treinamento de professores, capacitação realizadas nas escolas para um grande grupo de educadores incluindo professores, diretores e coordenadores. O objetivo desse programa era o de equipar e treinar educadores em todas as escolas públicas brasileiras até 2010. Em 2008 o número de computadores implementados pelo PROINFO, nas escolas brasileiras, ultrapassava os 150000 e mais de 80000 professores já tinham sido treinados (Agenciabrasil, 2009). Mesmo assim, os treinamentos insuficientes e a inexistência de suporte e as oportunidades continuadas se apresentam como um importante problema confrontado pelo PROINFO integrado.

2.2.1 Software Educativo

Para alguns pesquisadores da área, é a partir da utilização de softwares educacionais que o computador pode se inserir na prática pedagógica (Valente 1993). A importância dos softwares educacionais é inquestionável, muito embora outras formas de inserção do computador na prática pedagógica possam também ser possíveis. Além disso, a partir de uma abordagem ampla, todo software pode ser considerado como educacional, desde que utilize uma metodologia que o contextualize no processo ensino-aprendizagem (Giraffa 1999).

Os softwares educacionais disponíveis podem ser divididos em categorias tais como: tutorial, exercício e prática, simulação, sistemas hipermídia e jogos educacionais

(Gladcheff, Oliveira, and Silva 2001). Na mesma medida que muitos investimentos são realizados no sentido de equipar escolas e comprar computadores, com poucas evidências de vantagens ou melhora na aprendizagem, a utilização de softwares educativos ainda não faz parte da rotina dos estudantes nos países desenvolvidos. É estimado que somente 12% desses utilizem softwares educativos. Por outro lado, mais de 50% utilizam computadores para enviar e receber e-mail, bate papo, pesquisa na Internet, jogos e para processamento de textos (OECD/PISA 2003). Dados brasileiros apontam um percentual ainda menor de utilização de softwares educativos (Oecd/Pisa, 2003; Castro e Alves, 2007). De forma geral, existe pouca informação sobre a utilização em termos quantitativos e qualitativos desses recursos, principalmente, em relação à educação brasileira. Muitos aspectos podem ser apontados na tentativa de compreender a pequena utilização desses recursos. De modo mais direto, podemos imaginar que poucos softwares são desenvolvidos; entretanto, esta é uma análise complexa, já que deve ser levada também em consideração a formação dos professores, a disponibilidade de computadores, além do acesso aos softwares existentes, uma vez que a maioria dos softwares disponíveis é de língua inglesa. Considerando todos os aspectos da inclusão na educação e a grande diversidade social, econômica e cultural do nosso país, a quase exclusividade do inglês como língua presente nos softwares educativos diminui o acesso e dificulta a utilização desses recursos.

Software pode ser considerado como uma sequência de instruções a serem seguidas ou executadas, na manipulação, no redirecionamento ou na modificação de um dado ou evento. Quando essas instruções são processadas por um computador ou dispositivo semelhante temos os programas de computador. Considerando os computadores como um grande conjunto de circuitos e a virtual capacidade de realizar infinitos cálculos foi necessário o desenvolvimento de uma forma efetiva de comunicação com a máquina. Dessa forma, transformando essa grande capacidade de cálculo em um conjunto praticamente infinito de possibilidades e de usos. Essa forma de comunicação é denominada como a interface, que une o homem e a máquina. As interfaces estão sob a forma de softwares. Existem aqueles softwares chamados de sistema, que possuem função de acesso à máquina, bem como aqueles denominados aplicativos, usados para fins específicos (editores de texto, planilhas, educativos etc.).

Na maioria dos casos, o desenvolvimento dessas interfaces, incluindo os aplicativos, apresenta grande complexidade. As instruções devem ser seguidas, segundo um desencadeamento lógico livre de erros e/ou eventos inesperados. Com isso, ao longo do desenvolvimento dos softwares uma área especializada foi criada: a Engenharia de Software. Além do conhecimento das diferentes linguagens de programação, a Engenharia de Software é uma ciência envolvida no processo de desenvolvimento de software que pode ser definida como a disciplina que integra métodos, ferramentas e procedimentos para o desenvolvimento de software para computadores. Mais especificamente, é um termo usado para a referência de modelos de ciclo de vida, metodologias de rotina, técnicas de estimativa de custo, estruturas de documentação, ferramentas de gerenciamento de configuração, técnicas de garantia de qualidade e outras técnicas de padronização da atividade de produção de software (Sanders e Curran, 1994).

Embora, os softwares tenham que apresentar qualidade em todos os casos, aqueles utilizados para fins educativos possuem particularidades. A sua finalidade comercial não deveria ser a maior preocupação. A qualidade de um software educacional envolve paralelamente, as questões de tecnologia, em Engenharia de Software, em Educação, em Psicologia e em Ciência cognitiva. Para a elaboração de um software educacional de qualidade, entre outros profissionais, devemos contar com uma equipe multidisciplinar que envolva profissionais de informática, de comunicação, professores de conteúdo, de didática incluindo também os estudantes. Cada um desses profissionais, em suas respectivas áreas, inclusive os estudantes, possui seus próprios critérios de qualidade, o que torna, sem dúvida, a avaliação mais abrangente e considerada sob diferentes pontos de vista.

Além dos processos envolvidos na engenharia de software, aqueles considerados educacionais devem levar em conta principalmente os aspectos pedagógicos e suas estratégias.

2.2.1.1 – Software e as Teorias de Aprendizagem

Considerando o software educativo como uma ferramenta para o ensino e a aprendizagem, se faz importante o conhecimento do modo como as pessoas aprendem, assim como as condições necessárias para essa aprendizagem. Isso inclui, por exemplo, considerar o papel do professor nesse contexto. Assim, ao longo da história, vários

educadores, pesquisadores, filósofos, psicólogos e atualmente neurocientistas desenvolveram e discutiram as teorias de aprendizagem.

Assim, as teorias de aprendizagem buscam reconhecer a dinâmica envolvida nos atos de ensinar e de aprender, partindo do reconhecimento da evolução cognitiva do homem, e tentam explicar a relação entre o conhecimento pré-existente e o novo conhecimento. A aprendizagem não seria apenas a inteligência e construção do conhecimento, mas, basicamente, identificação pessoal e relação através da interação entre as pessoas. Os ambientes computacionais destinados ao ensino e aprendizagem devem envolver todas essas características através da tecnologia (Eysenck e Keane, 1994; Pozo, 1998).

Uma breve revisão sobre as teorias de aprendizagem e as aplicações multimídias demonstraram que o aprendizado realizado através de plataformas tecnológicas podem ser classificados em duas linhas de pensamento dominantes: o comportamentalismo e o cognitivismo (Squires e Preece, 1999). Ao longo do desenvolvimento das teorias de aprendizagem e à medida que os educadores foram ganhando mais experiência nas tecnologias baseadas em computadores se observou uma tendência em direção às estratégias cognitivistas em função das comportamentalistas. Nesse caso, o construtivismo parece oferecer maiores benefícios a partir do uso das tecnologias de comunicação e informação (Squires e Preece, 1999).

A seguir será feita uma breve descrição das principais teorias de aprendizagem que influenciaram o desenvolvimento de softwares educativos.

Comportamentalismo

No início do século XX, inspirado por fisiologistas russos John B Watson publica o seu artigo *Psychology as the Behaviorist Views it*, desenvolvendo então o chamado comportamentalismo ou behaviorismo, que possui uma visão objetivista de mundo, de sociedade, de homem (Strapasson, 2008). Por esse motivo, a ênfase nessas teorias é baseada em tudo que é visível e mensurável. Para o comportamentalismo o homem é como uma "*tabula rasa*" que vai adquirindo um repertório de respostas para atender as contingências do meio externo. O processo de aprendizagem se constitui em função de situações de ensino, onde os indivíduos têm constantes reforços positivos para respostas corretas. Devemos evitar respostas erradas para que não haja reforço de

comportamentos errados. Os primeiros softwares educacionais também se basearam no comportamentalismo. Ainda hoje, observando mais atentamente alguns softwares educacionais verificamos que muitos ainda adotam esse formato (Garcia, 2003).

Em observância a isso, o neo-comportamentalismo vem das mesmas origens objetivistas, mas no arcabouço da teoria está inserido a visão do processo de aprendizagem também como um evento interno, fruto de complexos processos mentais. A aprendizagem de habilidades intelectuais obedece a uma ordem hierárquica que se inicia com conexões estímulo-resposta, passando por cadeias, conceitos e regras, até chegar à solução de problemas. Qualquer habilidade intelectual pode ser analisada em termos de habilidades mais simples que necessitem ser combinadas para produzir sua aprendizagem (Santos, 1999).

No contexto escolar atual, desde os níveis mais elementares à graduação uma visão objetivista é incorporada. Isto pode ser ilustrado pelo crescente uso dos sistemas de autoria para cursos à distância. Nesses modelos podemos perceber a reprodução dos principais aspectos negativos das aulas presenciais tradicionais. Partição do conhecimento em pequenos blocos de informação, sem a visão do todo, organizados e unidos de forma muitas vezes desconexa. Os softwares educacionais do tipo exercício e prática (*drill-and-practice*) e os tutoriais são baseados, mesmo que implicitamente, nestes conceitos. Observamos que uma família de jogos educacionais por computador usam a repetição e memorização - pilares do exercício e prática - para que sejam vencidas determinadas etapas que levam à conclusão do jogo (Rocha e Campos, 1993).

Convém lembrar, que entre os behavioristas, possivelmente aquele que mais influenciou os procedimentos e materiais usados em sala de aula no ensino de qualquer disciplina principalmente nas décadas de 1960 e 70 foi B.F. Skinner (Moreira, 1999). Sua abordagem se baseia no comportamento observável de estímulo e resposta, sem considerar o que ocorre na mente do indivíduo durante o processo de aprendizagem. Além disso, em sua perspectiva Skinner coloca que o ensino só ocorre quando o que precisa ser ensinado pode ser colocado sob o controle de certas contingências de reforço. Sendo o papel do professor no processo instrucional o de conseguir contingências de reforço. Assim possibilitando ou aumentando a probabilidade de uma resposta correta.

Por outro lado, existem vários críticos do behaviorismo, dentre eles, Noam Chomsky que apresentou uma suposta limitação do Comportamentalismo para modelar a linguagem, especialmente a aprendizagem. O Behaviorismo não pode explicar bem fenômenos linguísticos como a rápida apreensão da linguagem por crianças pequenas. Chomsky afirmava que, para um indivíduo responder a uma questão com uma frase, ele teria de escolher dentre um número virtualmente infinito de frases qual usar, e essa habilidade não era alcançada perante o constante reforçamento do uso de cada uma das frases (Chomsky, 1967).

Cognitivismo

Dentro da categoria cognitivista se distingue as visões de aprendizagem baseadas na inteligência artificial e no construtivismo, que explica o aprendizado como sendo um processo ativo de construção via assimilação, acomodação e auto-reorganização (equilíbrio). É importante notar também a influência social da aprendizagem, onde os aprendizes podem colaborar, a partir de trabalhos em grupos, realizando práticas comuns através da linguagem, crenças, experiências entre outras (Gomes, 2008).

Sabemos ainda, que nas teorias de fundo construtivista, temos duas visões - o construtivismo de Piaget (chamado de epistemologia genética) e o construtivismo de Bruner. Piaget desenvolveu uma teoria na busca de explicar a gênese do conhecimento. Por outro lado, para Piaget, todos os indivíduos independentemente da cultura, da estratificação social experimentam o mesmo processo de desenvolvimento, que ocorre em 4 estágios: sensorio-motor, pré-operatório, operacional concreto e das operações formais, razão dos estágios anteriores e de todo processo de desenvolvimento (Moreira, 1999).

Nesse sentido, para Piaget aprender é atuar sobre o objeto da aprendizagem para compreendê-lo e modificá-lo. Assim diante dessa idéia, surge o outro conceito chave - a aprendizagem ativa. Como aprender é uma continua adaptação ao meio externo, aprendemos quando se entra em conflito cognitivo, ou seja, quando há o confronto com uma situação que não se sabe resolver. Com isso, o organismo se desequilibra frente ao novo, resultando na busca pelo equilíbrio. Para encontrar o equilíbrio, há um processo de adaptação. Em outras palavras, adaptação é o processo pelo qual o sujeito adquire um

equilíbrio entre assimilação e acomodação. A assimilação se refere a introjeção de conhecimentos sobre o meio e a incorporação ao conjunto de conhecimentos já existentes. Através da incorporação, a estrutura de conhecimento existente se modifica de modo a acomodar-se a novos elementos - tal modificação é denominada acomodação. Já o equilíbrio (auto-reorganização) é o processo de organização das estruturas cognitivas num sistema coerente, interdependente, que possibilita ao indivíduo a adaptação à realidade (Gomes, 2008).

Dessa forma, é a partir desse entendimento que as situações de aprendizagem se baseiam em jogos e desafios, nos quais o sujeito é defrontado com um problema novo para resolver.

É interessante ressaltar que a influência mais importante do construtivismo de Piaget sobre o uso das tecnologias de informação talvez seja a linguagem LOGO. O ambiente LOGO tradicional envolve uma tartaruga gráfica, um robô para responder aos comandos do usuário. E uma vez que a linguagem é interpretada e interativa, o resultado é mostrado imediatamente, após a digitação do comando, incentivando o aprendiz. Nela, o aprendiz aprende com os seus erros, aprende vivenciando e tendo que repassar esse conhecimento para o LOGO. Com isso, é possível o desenvolvimento de uma linha de raciocínio errada, que é percebida claramente, resultando na reflexão e busca pela solução do problema. Contudo, a linguagem LOGO vem se desenvolvendo ao longo dos anos. Inicialmente, os comandos em sua maioria eram a pintura e o desenho, e até recentemente com a possibilidade de utilização de fórmulas, textos dentre outros (Papert, 1985).

Outro exemplo de software educativo com base construtivista é o “ETOYS”, que é um ambiente de programação visual possibilitando alunos e professores a criarem aplicativos de acordo com as suas necessidades (Lee, 2011). O seu uso se dá a partir de uma abordagem instrucional para ensinar programação, através de aulas expositivas sobre sintaxes de programação e constructos, seguida de práticas que necessitam do entendimento e aplicação dos conceitos e técnicas explicadas durante as aulas expositivas. Vale dizer que suas primeiras sintaxes são particularmente pouco efetivas, considerando a pouca ou nenhuma experiência dos usuários sobre as linguagens de programação. Contudo, à medida que as abordagens de aprendizagem construtivista vão sendo utilizadas (intrinsecamente), problemas de programação, assim como complexos

aplicativos são desenvolvidos pelos usuários mais experientes (Lee, 2011). Dessa maneira, de acordo com o aprendizado cognitivo, a resolução de problemas complexos e tarefas em situações reais não são simples para os aprendizes novatos, sendo necessária a observação e a intervenção e auxílio dos professores. Por outro lado, são observadas vantagens no raciocínio lógico-matemático e leitura e escrita. Outro fator relevante é a possibilidade do desenvolvimento de tarefas colaborativas entre novatos e aprendizes mais experientes resultando em vantagens para ambos. Incluímos aqui o contexto social, também importante no aprendizado.

J. S. Bruner trabalhou em uma teoria de desenvolvimento cognitivo e uma teoria de aprendizagem. Sua teoria de desenvolvimento cognitivo apresenta assemelha, em linhas gerais, à teoria de Piaget, por contemplar a aprendizagem por descoberta (Moreira, 1999). Seu enfoque é a exploração de alternativas e o currículo em espiral. Nesse contexto, o conceito de exploração de alternativas pressupõe que o ambiente ou conteúdo de ensino deve proporcionar alternativas para que o aluno possa inferir relações e estabelecer similaridades entre as idéias apresentadas, favorecendo a descoberta de princípios ou relações. Por sua vez, o currículo em espiral permite que o aluno veja o mesmo tópico em diferentes níveis de profundidade e modos de representação (Moreira, 1999).

Seguindo nessa perspectiva, podemos também mencionar que Hipermídias educacionais com navegação por descoberta e atividades de busca em banco de dados na Internet estão baseadas no construtivismo de Bruner (Warin *et al.*, 2011). Bruner exerce influência nos pesquisadores em educação que vêem os computadores como ferramenta cognitiva, que são produtos de softwares baseados na potencialidade do computador em amplificar, estender e enriquecer a cognição. Sendo assim, esses softwares teriam como objetivo principal a facilitação da aprendizagem, não veiculando necessariamente conteúdos curriculares, mas apoiando o desenvolvimento de metahabilidades cognitivas, como por exemplo, tomada de decisão, estratégias de desenvolvimento de projetos.

Sócio-Interacionismo

Diferentemente de Piaget, que supõe a equilibração como um princípio básico para explicar o desenvolvimento cognitivo Vygotsky sugere que o desenvolvimento não pode se entendido em paralelo com o contexto social e cultural (Moreira, 1999). Além disso, Vygotsky busca compreender os mecanismos do desenvolvimento cognitivo não-produtos dos estágios do desenvolvimento como propuseram Piaget e Bruner (Moreira, 1999).

Vale dizer que os pontos principais do sócio-interacionismo que impactam o desenvolvimento de situações de aprendizagem são: 1. o aprender está fortemente condicionado pela cultura e pela interação social; 2. o desenvolvimento cognitivo é limitado a um determinado potencial para cada intervalo de idade (Zona Proximal de Desenvolvimento) e 3. o desenvolvimento cognitivo completo requer interação social. Existindo uma zona de desenvolvimento proximal.

E é nesse contexto que os ambientes computacionais de aprendizagem cooperativa podem ser vistos como formas de aplicação dos princípios de Vygotsky - zona de desenvolvimento proximal, cooperação entre pares, o par mais capaz. Atualmente o fenômeno das redes sociais, educação e cooperação podem ser discutidas sob uma perspectiva Vygotskyana (Vygotski, 1991).

Diante disso, considerando as peculiaridades intrínsecas aos produtos educacionais baseados nas tecnologias de comunicação e informação, é imprescindível o conhecimento dessas teorias para que a melhor estratégia, capaz de fundamentar a aprendizagem e garantir a efetividade desses produtos seja adotada. Além disso, a utilização de um ou mais pressupostos teóricos nesses materiais resultam em claras vantagens educacionais (Lee, 2011).

2.2.1.2 – Classificação e Desenvolvimento de Software Educacional

Classificação

Os softwares educativos podem ser classificados de diversas maneiras, e ainda não existe uma classificação amplamente aceita pelos educadores e desenvolvedores (Hinostroza *et al.*, 2000). De modo geral os softwares podem ser classificados por

assunto, por tipo, por paradigma educacional, e de acordo com os sujeitos. Dentre os mais observados temos a classificação por tipo e por paradigma educacional. A classificação por tipo informa se o software é um jogo, uma simulação, exercícios, tutoria dentre outros; por outro lado, o paradigma educacional pode ser construtivista dentre muitos outros (Hinostroza e Mellar, 2001; Lee, 2011).

Sabemos ainda, que os softwares educacionais podem ser desenvolvidos a partir de filosofias claras, resultando em classes objetivas, ou da mesma forma, serem o resultado de uma combinação de várias destas classes, incluindo paradigmas educacionais e tipos de softwares.

Nesse sentido, considerando a subjetividade de cada software quanto ao seu paradigma educacional intrínseco, e a possibilidade dos diferentes tipos favorecerem uma ou outra teoria de aprendizagem, existem alguns tipos mais comuns de softwares educacionais que serão descritos a seguir:

Tutoriais: São softwares que apresentam conceitos e instruções para realização de tarefas específicas. Esse tipo de programa é indicado para qualquer pessoa, pois permite a repetição das lições quantas vezes forem necessárias. A desvantagem observada muitas vezes pela dicotomia “Desenvolvedor¹ x Educador”, é que os conceitos se limitam ao enfoque da equipe de desenvolvimento, muitas vezes não coincidindo com a necessidade e abordagem do professor. De modo geral possuem grandes quantidades de conteúdo podendo ser explorados em uma sequência pré-definida ou de forma não-linear. É por exemplo nesse caso, que os paradigmas educacionais podem se inserir no software educacional. Os tutoriais apresentam baixa interatividade e podem tender à passividade excessiva por parte do usuário.

Exercício ou prática: Estes programas são utilizados para revisar o conteúdo que foi visto em classe, especialmente aquele que envolva memorização e repetição, apresentando exercícios logo no início. Requerem resposta imediata do aluno, e fornecem também uma resposta imediata. Exploram características gráficas e sonoras do computador. São também indicados para permitir que os alunos mais avançados

¹ Desenvolvedor: refere-se a alguém que faz programação de computadores e desenvolve software.

possam progredir na matéria em ritmo mais acelerado, ou mesmo permitir que alunos defasados possam alcançar os outros, trabalhando fora do horário normal. Uma das vantagens do uso desses programas é o fato do professor dispor de uma infinidade de exercícios que o aluno pode resolver, de acordo com o seu grau de conhecimento e interesse. Esse modelo de software apresenta grande influência do comportamentalismo como paradigma sociológico e de aprendizagem.

Softwares de demonstração: São programas que permitem apresentar leis físicas, fórmulas químicas, conceitos matemáticos, etc. Através dessas demonstrações é possível incluir gráficos, sons e outros efeitos especiais. De modo geral, o nível de interatividade é baixo, já que permitem apenas a visualização das demonstrações, sem a interferência do usuário. Entretanto, alguns desenvolvedores com formação em educação vêm apresentando preocupações em relação à interatividade nessa classe de produto. Se por um lado as demonstrações apresentam de forma mais objetiva e concreta idéias e conceitos de difícil assimilação, a interatividade seria uma característica adicional desejável, conferindo aparentemente maior efetividade na aprendizagem.

Simulação: Permitem a apresentação de modelagens de um sistema ou situação real, utilizam gráficos e animações e possuem alta complexidade de programação. Existem vários níveis de simulação, dependendo do fenômeno/situação simulada e do algoritmo utilizado. São programas muito interessantes e úteis quando não é possível realizar a experiência real. Oferece um ambiente exploratório, onde o usuário/aluno pode interferir e comprovar em seguida as conseqüências. As teorias cognitivas de aprendizagem se utilizam, muitas vezes desse modelo de software. É incluída muitas vezes, a possibilidade de trabalho colaborativo, o que agrega uma série de vantagens educacionais.

Jogos: jogos educacionais se baseiam numa abordagem auto-dirigida, isto é, aquela em que o sujeito aprende por si só, mediado pela descoberta de relações e da interação com o software. A utilização de jogos educativos na forma de software proporciona ao aluno motivação, desenvolvendo também hábitos de persistência no desenvolvimento de

desafios e tarefas. Autonomia, criatividade, originalidade e a possibilidade de simular e experimentar situações são favorecidas neste modelo. A partir da utilização de jogos o professor tem o papel de moderador, mediador do processo, dando orientações e selecionando softwares adequados à sua prática pedagógica. Além disso, as teorias cognitivas são também muito aproveitadas nos jogos educacionais.

Desenvolvimento – ciclo de vida de software educacional

O desenvolvimento de softwares educacionais, incluindo todas as suas peculiaridades pedagógicas segue as etapas apontadas pela Engenharia de Software. De modo geral, um ciclo de vida de desenvolvimento de softwares compreende as seguintes fases: análise, projeto, codificação, avaliação e manutenção.

As decisões pré-projeto relacionadas à solução para o problema que o software educacional irá resolver, definindo inclusive o ambiente educacional estão relacionadas à fase de análise. Já as definições sobre o plano de desenvolvimento do software educacional (especificação, design, diretrizes de interface) são estabelecidas na fase de projeto. É nessa fase que se deve usar algum modelo/método para suporte da modelagem. A codificação se refere à escolha da plataforma de hardware e software que o software educacional vai ser implementado e a sua implementação propriamente dita. Posteriormente é feita a definição dos critérios e marcos de avaliação do processo de desenvolvimento e do produto (avaliação) e a manutenção, onde é feita a implantação e controle das versões do software (Campos, 2005).

O desenvolvimento de softwares baseados na Engenharia de Software contribui para a qualidade final do produto e toda a eficiência do processo, desde a criação, planejamento e execução (Squires e Preece, 1999). Os critérios de qualidade de um software “comercial” apresentam significativas diferenças em relação àqueles educacionais. Nesse caso devemos considerar aspectos de uso do professor, da relação de ensino, da aprendizagem dentre outros. Nesse contexto, Campos (2005) destaca alguns critérios que devem ser considerados sob o ponto de vista da qualidade do software educacional:

- *Possibilidade de correção de conteúdo (Alterabilidade)*
- *Facilidade de leitura da tela (Amenidade ao uso)*
 - *Clareza dos comandos (Amenidade ao uso)*
- *Independência da linguagem (independência do ambiente)*
- *Adaptabilidade ao nível do usuário (Eficiência do processamento)*
 - *Adequação do programa ao nível do usuário (Validabilidade)*
- *Facilidade de leitura do programa (Clareza)*
- *Ausência de erros no processamento do programa (Correção)*
- *Adequação do programa às necessidades curriculares (Rentabilidade)*
 - *Independência de hardware (Independência do ambiente)*
- *Existência de recursos motivacionais (Amenidade de uso)*
 - *Previsão de atualizações (Validabilidade)*
- *Ausência de erros de conteúdo (Validabilidade)*
 - *Possibilidade de inclusão de novos elementos (Alterabilidade)*
- *Resistência do programa a respostas inadequadas (Robustez)*
 - *Adequação do vocabulário (Amenidade ao uso)*
 - *Fornecimento de feedback (Amenidade ao uso)*
- *Apresentação dos escores aos alunos (Validabilidade)*
 - *Uso do tempo do equipamento (Rentabilidade)*
 - *Integração do programa com outros recursos (Rentabilidade)*
 - *Capacidade de armazenamento das respostas (Eficiência do processamento)*
- *Existência de tratamento de erro (Amenidade ao uso)*
- *Controle da seqüência do programa (Amenidade ao uso)*
 - *Diagramação das telas (Amenidade ao uso)*
 - *Tempo de resposta (Eficiência do processamento)*
- *Existência de ramificações para enfoques alternativos (Amenidade ao uso)*
- *Existência de mensagem de erro (Amenidade ao uso)*
- *Acesso a helps (Amenidade ao uso)*
- *Existência de manual do usuário (Amenidade ao uso)*
- *Uso de ilustrações (Amenidade ao uso)*
 - *Uso de cor (Amenidade ao uso)*
- *Tempo de exposição de telas (Amenidade ao uso)*
- *Uso de animação (Amenidade ao uso)*
- *Existência de geração randômica de atividades (Amenidade ao uso)*
- *Uso de recursos sonoros (Amenidade ao uso) (Campos, 2005)*

2.2.2 Efetividade das Tecnologias da Informação na Educação

Na “Sociedade do Conhecimento” onde as tecnologias da informação permitem não apenas uma enorme capacidade de armazenamento e processamento de informações, mas também um meio de comunicação e de produção de novos conhecimentos, observamos a imposição de novos desafios à educação escolar. Vale dizer, que ao concluir a Educação Básica, o MEC estabelece que aluno apresente o domínio efetivo de diferentes linguagens; a compreensão dos fenômenos naturais, histórico-geográficos e das manifestações artísticas; a capacidade de construir e aplicar conceitos de diversas áreas do conhecimento; enfrentar situações-problema e elaborar propostas de intervenção solidária na realidade (Mec, 2009b). Assim, as tecnologias da informação podem ser empregadas como meios de auxílio às atividades pedagógicas, como também tornam o processo de ensino-aprendizagem uma atividade mais motivadora, dinâmica e interativa para os alunos (Castro e Alves, 2007).

Nessa perspectiva, na educação, o computador pode servir como uma ferramenta de busca, processamento e armazenamento de informações e, de modo mais ativo, criar um ambiente para que um software educativo seja utilizado. Cabe ressaltar que a informatização do processo ensino-aprendizado não altera necessariamente as práticas pedagógicas correntes com o computador. Nesse caso, serve como meio para transmitir informações ao aluno. Além disso, o computador como ferramenta de busca/processamento/armazenamento de informações também possui papel importante, não só nas práticas educacionais, mas em muitas outras áreas. Ainda nesse sentido, várias atividades podem ser propostas e muitas habilidades podem ser desenvolvidas com ou sem estratégias educacionais bem definidas.

É interessante destacar que o uso das tecnologias da informação e da comunicação no ambiente acadêmico/escolar é um tema amplo considerando o grande número, já existente, dessas tecnologias, assim como o seu grande desenvolvimento. O uso do computador por um aluno, ou em seu ambiente escolar *per se*, já poderia ser considerado como uma forma de uso da tecnologia da informação. Nesse sentido, o programa “um computador por aluno” mundialmente difundido seria um exemplo. Da

mesma forma que, simplesmente usar um computador, pode não representar nenhuma vantagem objetiva para a aprendizagem do aluno. Qualquer que seja a tecnologia envolvendo ou não a informática deve ter bases pedagógicas bem definidas.

Ainda sob o ponto de vista de tecnologia como “equipamento”, podemos destacar o uso do Quadro Branco Interativo (ou *Interactive Whiteboard - IWB*) que no cenário mundial vem ganhando destaque e que no Brasil também é conhecido como Lousa Interativa. Seu uso associado aos laptops estudantis vem produzindo experiências exitosas de ensino e ganhando cada vez mais adeptos em países como Inglaterra, Espanha, Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia. Vale dizer que o Quadro Branco Interativo vem se mostrando uma ferramenta com alto grau de aceitabilidade e de satisfação por parte dos professores, e é capaz de promover uma relação mais dialógica entre professor e aluno, incentivando a construção colaborativa do conhecimento (Armstrong, 2005; Hennessy, 2007; Hennessy *et al.*, 2011)

Outras tecnologias estão disponíveis como o uso de redes, permitindo a aprendizagem colaborativa, através de dispositivos portáteis semelhantes a controle remotos utilizados pelos alunos possibilitando respostas em tempo real, bem como, uma maior interatividade em sala de aula (Triantafyllakos *et al.*, 2011). Outros autores vêm também relatando o uso dos *Tablets*, como tecnologia portátil, e uma série de vantagens associadas (Ferrer *et al.*, 2011).

Os softwares também se inserem no contexto das tecnologias da informação e sua possibilidade de aplicações no ambiente escolar. Para alguns autores é através da utilização dessas ferramentas que as teorias e estratégias de aprendizagem poderiam ser integralmente exploradas (Valente, 1995; Valente *et al.*, 2001).

No entanto, mesmo apresentando grande potencial como ferramenta facilitadora do processo de ensino e de aprendizagem, o acesso a bons *softwares* educacionais é limitado posto que a produção nacional é incipiente, e os estrangeiros, muitas vezes não são adequados às realidades sócio-econômicas, políticas, lingüísticas e educacionais brasileiras.

Ainda dentro dessa perspectiva, observamos que vários pesquisadores da área da educação apontaram vantagens na utilização dos recursos da informática, especialmente dos softwares educacionais como ferramentas úteis nas relações de ensino e de aprendizagem (Fitzpatrick 2004; Wegerif 2004; Phillip McClean et al. 2005; Debard et al. 2005; Tadmor and Tidor 2005; Meir et al. 2005). Dado interessante foi observado nos Estados Unidos, onde relatos sobre o uso de animações no estudo da Biologia Celular e Molecular, apontam rendimento superior dos alunos quando comparados a outros, apresentados ao mesmo assunto, porém com ilustrações estáticas (Stith 2004).

Nesse sentido, pesquisas sobre aprendizado mostram que a percepção visual é o sentido mais desenvolvido no ser humano, sendo então uma importante via de aprendizado. A visão permite a coleta e o processamento das informações vindas do ambiente, e como consequência teremos a tomada de decisões e a formação de conceitos (Phillip McClean et al. 2005). Isto reforça o grande potencial dos computadores nesse processo, em virtude da utilização dos recursos da hipermídia, que une os conceitos de hipertexto e multimídia, visto que um documento hipermídia contém imagens, sons, textos e vídeos e sua principal característica é de possibilitar a leitura não linear de determinado conteúdo, sem que exista necessariamente início, meio e fim.

Dentro desse contexto, é interessante mencionar, que o recurso amplamente utilizado no desenvolvimento de softwares educacionais é a animação – a representação de fenômenos e conceitos através de esquemas, e de figuras animadas. Dados da literatura sugerem maior efetividade na aprendizagem quando esses recursos são utilizados (Barak *et al.*, 2011). Em uma meta análise, 26 estudos que resultaram na possibilidade de 76 comparações (visualização dinâmica x estática), foram analisados indicando uma significativa vantagem na aprendizagem, no sentido da visualização dinâmica. Segundo os autores, esses resultados estariam de acordo com as teorias cognitivas e de aprendizado multimídia (Höffler e Leutner, 2007). Vários são os exemplos sobre o uso de softwares no ambiente educacional, em várias áreas do conhecimento. Wang *et al.*, (2011) examinaram o impacto do uso de interatividade e de animações na aprendizagem da estatística. Nesse caso, a animação interativa se deu através do uso do Adobe Flash sobre os elementos introdutórios da estatística (Wang *et al.*, 2011).

Por outro lado, o uso das tecnologias da informação no ambiente educacional merece ainda uma discussão mais aprofundada. O que existe, muitas vezes, é uma percepção de vantagens atribuídas ao seu uso, contudo, estudos sistemáticos ainda devem ser realizados. Observamos que programas do governo, ao redor do mundo, têm investido nesse sentido sem, no entanto, apresentarem conhecimento das reais vantagens e eficácia dessas tecnologias na escola.

2.3 A FARMACOLOGIA COMO MODELO DE INTERDISCIPLINARIDADE

Breve histórico

Existem vários registros históricos do conhecimento dos efeitos benéficos ou tóxicos de plantas e animais por povos antigos na China e Egito antes da era cristã (Scheidlin, 2001). Os primeiros acervos terapêuticos eram documentos que refletiam as tradições místicas, religiosas e médicas da sociedade antiga. A Farmacologia surgiu da necessidade de melhorar a qualidade da intervenção terapêutica dos médicos que, naquela época, eram proficientes na observação clínica e diagnóstico; entretanto, incompetentes quando se tratava de terapia. Mesmo a partir desses conhecimentos tão antigos, a Farmacologia surge como ciência em tempos recentes, no momento em que o homem tenta explicar os fenômenos biológicos sob a ótica da experimentação e da observação. É interessante lembrar que no final do século XVIII e início do XIX, François Magendie e depois seu estudante Claude Bernard desenvolveram métodos de fisiologia e Farmacologia experimental, resultando em um grande avanço destas ciências. A partir desse período, com os avanços da química, da bioquímica e da biologia molecular a Farmacologia se desenvolveu de modo a tornar possível o estudo das interações moleculares entre drogas e seus receptores, seus possíveis efeitos, além da possibilidade de prever outros, indesejáveis (Brunton *et al.*, 2006; Katzung, 2006).

Em 1905, Langley, propõe pela primeira vez o conceito de receptores para os mediadores químicos (Langley, 1905). Desde então foi notado o desenvolvimento de novos métodos, que possibilitaram melhores conhecimentos sobre mecanismos de ação dos fármacos, e abriram caminho para novas moléculas. No século XX, houve o início do período da química sintética, e junto com ela foram integradas novas classes de fármacos, e outros novos de classes antigas foram integrados. É nesse período que temos o início da

quimioterapia antimicrobiana e do tratamento de distúrbios psiquiátricos. Além disso, novas tecnologias de síntese, de caracterização e de planejamento de novas moléculas possibilitaram o aparecimento de fármacos cada vez mais aprimorados, mais específicos, e com menos efeitos adversos.

Farmacologia e Interdisciplinaridade

As ciências básicas que compreendem o currículo médico incluem entre outras a anatomia, a fisiologia, a bioquímica, a biologia molecular, a microbiologia, a imunologia e a Farmacologia. O desenvolvimento dessas e outras disciplinas seguiram um padrão semelhante. Disciplinas antigas resultaram em novas, algumas desapareceram, outras se fundiram. Mesmo com a noção de medicamentos e terapêutica sendo muito antiga, a Farmacologia moderna como disciplina se estabeleceu somente no século XVIII, a partir do desenvolvimento da química.

Nesse sentido, no final do século XVIII, os princípios gerais da terapêutica eram ensinados através de uma disciplina chamada *materia medica*, destinada ao entendimento da origem, da preparação e da aplicação terapêutica de compostos medicinais. Além disso, as informações eram organizadas em numerosos volumes sobre plantas e suas partes, formas de extração, uso e propriedades medicinais que eram transmitidas aos estudantes médicos. Nesse momento, a Farmacologia ainda não existia como disciplina, sendo contemplada dentro de uma grande área da medicina incluindo outras como a botânica e a química.

A *materia medica* já vinha se consolidando como uma importante disciplina do currículo médico. Da mesma forma que aconteceu com a anatomia, a *materia medica* e a botânica ganharam uma nova perspectiva desde o Renascimento (Figura 1.). O percurso das duas disciplinas apresenta muitos pontos comuns (Reeds, 1976). Num primeiro momento se discutia a teoria das plantas medicinais com pouca descrição, enquanto que a sua evolução resultou na extensa descrição dos compostos e suas origens além das suas utilizações. Assim, essa disciplina começou seu desenvolvimento como precursora da Farmacologia (Salter, 1950b).

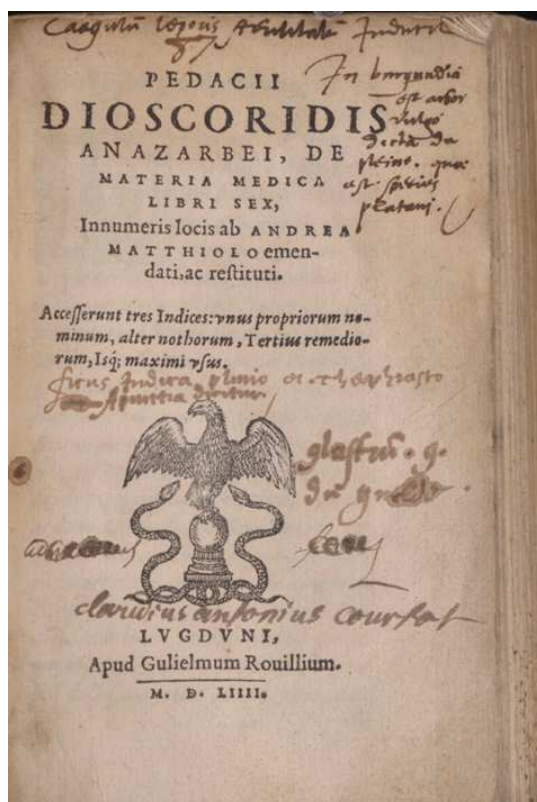


Figura 1. *De materia medica libri sex*. Lugduni: Apud Gulielmum Rouillium, 1554.

Fonte: <http://historical.hsl.virginia.edu/treasures/dioscorides.html>

Nessa seqüência, a transformação de uma disciplina descritiva em curso experimental ocorreu nas últimas décadas do século XIX, muito embora alguns esboços anteriores tenham sido registrados. O primeiro ensaio clínico do qual se tem notícia teria sido conduzido pelo cirurgião *James Lind*, da marinha Real Britânica, utilizando metodologia descrita em livros sagrados. (Figura 2.)

O equilíbrio entre ensinar os princípios gerais da Farmacologia e as suas aplicações terapêuticas se intensificou com o surgimento da disciplina Farmacologia clínica em meados de 1960 (Salter, 1950a). As abordagens convencionais para o ensino da Farmacologia estavam baseadas nas aulas expositivas, nas anotações dos alunos em sala de aula, na leitura de textos clássicos e eventualmente nas práticas em laboratório. A utilização de livros-texto era incomum. Alguns autores discutem sobre o caráter “anti-autoritário” dos livros texto e, por isso, a sua utilização pouco freqüente (Rangachari, 1997). Com base nisso, a educação científica não se baseava na troca de informações e/ou pontos de vista com discussão de idéias, mas se apoiava basicamente na transmissão

autoritária de informações. Da mesma forma, pouca ou nenhuma integração entre os conteúdos era feita. Talvez a primeira tentativa de integração tenha sido o livro texto “*Pharmacology and Therapeutics or the Action of Drugs in Health and Disease*”, integrando a terapêutica e os aspectos da fisiopatologia (Rangachari, 1997).

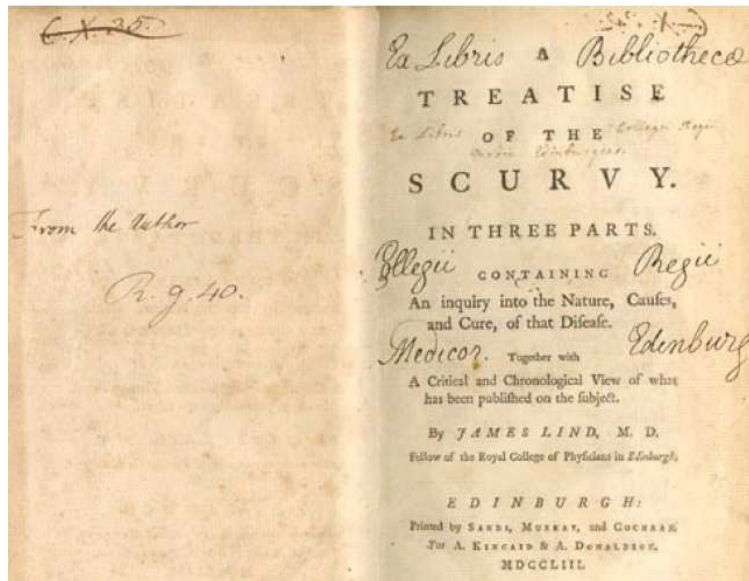


Figura 2. Tratado sobre o escorbuto, James Lind (1753). Edinburgh: Impresso por Sands, Murray e Cochran para A Kincaid e A Donaldson.

Fonte: <http://www.jameslindlibrary.org/illustrating/records/a-treatise-of-the-scurvy-in-three-parts-containing-an-inquiry/images.pdf>

A partir de uma perspectiva científica, a Farmacologia surge como um híbrido da fisiologia e bioquímica que possui como foco as drogas e seus usos. Por outro lado, a partir de uma perspectiva do currículo médico, o ensino da Farmacologia se apresenta com diferenças. Para o médico estudante, e mesmo para os seus pacientes a Farmacologia é uma disciplina crucial, que investe muito tempo no diagnóstico, enfatizando a patologia e a fisiopatologia. Por outro lado, há a expectativa do paciente que seu diagnóstico venha acompanhado de um tratamento farmacológico apropriado. Muito embora existam várias modalidades de tratamentos possíveis, os fármacos ainda permanecem como os mais significantes dentro da medicina ocidental. É assim imperativo para o médico estudante conhecer profundamente os princípios farmacológicos, particularmente aqueles relevantes para a terapia, incluindo o entendimento da prática racional do uso de drogas.

Assim, os conceitos básicos da Farmacologia incluindo aspectos clínicos e fisiopatológicos dos pacientes fazem parte do conjunto de informações que deverão ser aprendidas para os fins terapêuticos. Além disso, é difícil para o médico a separação dos conhecimentos relacionados às drogas (Farmacologia), sobre os processos da doença e da terapêutica (Rangachari, 1997). Mesmo desconsiderando a Farmacologia em sua totalidade, um de seus aspectos mais práticos, a terapêutica, se baseia em conceitos essencialmente interdisciplinares.

Para Smith (2000), a Farmacologia é diferente da maioria das outras ciências biológicas porque ela não responde como a natureza funciona, e sim como podemos mudar a natureza (Smith, 2000). Diante disso, para a obtenção dessas respostas a Farmacologia necessita de esforços integrados de múltiplas técnicas e conceitos, tais como os da bioquímica, da biologia molecular, da biologia celular e de sistemas, dentre muitas outras. De fato, as revistas de Farmacologia, muitas vezes se especializam como pode ser encontrado com títulos como Farmacologia Pulmonar, Farmacologia Cardiovascular, Farmacologia Clínica, Farmacologia Molecular, Psico-farmacologia, Neuro-farmacologia, dentre muitas outras (Kwan, 2002). Da mesma forma, a relação íntima da Farmacologia com outras ciências básicas também fica evidenciada, como por exemplo, Farmacologia Bioquímica, Farmacologia e Toxicologia, Farmácia e Farmacologia. A Farmacologia é mais do que uma disciplina distinta na medicina, pois que se distingue em muitas áreas interdisciplinares das ciências básicas e clínicas (Kwan, 2002).

A exemplo de outras disciplinas biomédicas, as fronteiras da Farmacologia não estão claramente definidas. A partir do surgimento e do desenvolvimento da biotecnologia, da genética e da nanotecnologia, novas mudanças estão sendo observadas, demonstrando claramente o caráter interdisciplinar da Farmacologia. A cada dia novas subdivisões emergem incluindo a Farmacoepidemiologia, a Farmacoeconômica, a Farmacogenômica. Isto impõe grande dificuldade no ensino da Farmacologia nos moldes tradicionais congestionados de conteúdo e com pouca ou nenhuma integração entre as diferentes áreas da medicina e saúde (Kwan, 2004).

3. OBJETIVOS

3.1 GERAIS

O presente estudo procurou desenhar o padrão de uso das tecnologias da informação, na educação Brasileira com foco no uso de softwares, e estudar as práticas atualmente desenvolvidas no ensino da Farmacologia. Além disso, buscamos estudar a percepção da interdisciplinaridade dos professores, em diferentes áreas de atuação, incluindo a sua formação e suas práticas docentes. Como objetivo principal, foi desenvolvido um software de distribuição livre, para ser utilizado nas práticas de ensino da Farmacologia e outras, segundo os conceitos da interdisciplinaridade.

3.2 ESPECÍFICOS

- Fazer uma pesquisa bibliográfica sobre o uso das tecnologias da informação na educação Brasileira;

- Revisar a situação atual do ensino da Farmacologia nas escolas de medicina do estado do Rio de Janeiro, sob o ponto de vista das estratégias de ensino utilizadas correntemente, a infra-estrutura disponível, o uso de tecnologias assim como a realização de práticas experimentais ao longo do curso médico;

- Analisar a percepção do estudante de medicina quanto à importância da Farmacologia no seu currículo e vida profissional, suas estratégias de estudo e formas de ensino realizadas em suas escolas;

- Discutir e revisar a importância da interdisciplinaridade, o papel do professor bem como a sua formação para a sua aplicação da em sala de aula tanto no ensino médio quanto no ensino superior;

- Aplicar, experimentalmente, o software a alunos da área biológica e da saúde avaliando a sua efetividade no aprendizado da Farmacologia, através da comparação pré- e pós-teste;

- Discutir a percepção dos estudantes sobre o uso dessa tecnologia da informação para o ensino da Farmacologia;
- Discutir a importância do uso das tecnologias da informação na educação utilizando como modelo um software para o ensino integrado de Farmacologia.

4. RESULTADOS

4.1 ARTIGO 1.

Este primeiro estudo foi uma revisão bibliográfica sobre o uso de computadores no Brasil. Uma ampla pesquisa bibliográfica em vários bancos de dados, e a utilização de várias ferramentas de busca na Internet tornou possível delinear as experiências sobre o uso da informática nos vários segmentos da educação, com foco principal nos segmentos primário e secundário. Nesse sentido, foi possível notar que há uma disparidade significativa entre o uso de tais recursos, mas que, de modo geral, já se encontra bem difundido na educação brasileira. Por outro lado, poucos relatos analíticos e quantitativos foram encontrados. Além disso, também observamos uma maior preocupação na montagem de laboratórios de informática, do que na criação de processos e de métodos de utilização, de manutenção dos equipamentos, de formação e de capacitação dos professores dentre outros. Entendemos que mais estudos são necessários para que seja possível conhecer o real impacto e a efetividade do uso dos computadores e seus recursos nos diversos segmentos da educação.

Este artigo foi publicado na revista *Computers and Education*.

Computers & Education 53 (2009) 677–685

0360-1315/\$ - see front matter _ 2009 Elsevier Ltd. All rights reserved.

doi:10.1016/j.compedu.2009.04.005

The Use of Computers in Brazilian Primary and Secondary Schools

A.A. Fidalgo-Neto ^a, A.J.C. Tornaghi ^b, R.M.S. Meirelles ^c, F.F. Berçot ^a, L.L. Xavier ^c, M.F.A. Castro ^a, L.A. Alves ^a.

^a Pós-graduação de Ensino de Biociências e Saúde, Laboratório de Comunicação Celular, Fundação Oswaldo Cruz, IOC, Av. Brasil, 4365, 21045-900 Rio de Janeiro, Brazil

^b Universidade Estácio de Sá, Programa de Pós Graduação em Educação, RJ, Brazil

^c Laboratory for Innovations in Therapy, Education and Bioproducts, IOC – Oswaldo Cruz Foundation, 21045-900 Rio de Janeiro, Brazil

ABSTRACT

Brazil is an emergent country that has undergone important changes at the social, economic, scientific and educational levels. A main policy challenge at present is related to the unequal distribution of vital resources, including technology. In the educational context, many changes have been observed, such as a decrease in analphabetism and an increase in the number of physicians, lawyers, and scientists. In this paper we will describe the educational experience involving the use of information technology, especially computers, at Brazilian primary and secondary schools.

We live in a technological era in which it is important to educate our children to be aware of the impact of technology on society and the environment in general, as well as how to personally deal with them. From home to workplace, digital technological tools have become a part of day-to-day life. Digital technology has become essential in everyday life, and demands have been placed on schools to educate students so as to make them “technologically literate”. Millions of Reals (R\$) have been invested by the Brazilian government to equip schools with computers and communication tools, but low technological literacy remains a serious challenge. To address this problem, it is crucial to elucidate the real advantages and disadvantages of the use of computers in the educational system.

Keywords: *country-specific developments; cross-cultural projects; elementary education; public spaces and computing; secondary education.*

1. SOCIOECONOMIC DATA FOR BRAZIL

For sake of clarity, before entering the focus of our review, we will provide some information about Brazilian socioeconomic data.

The land area of Brazil extends over 8.5 million square kilometers, occupying just under half (47%) of the area of South America. The population of Brazil is approximately 180 million inhabitants, the majority (81%) residing in urban areas. Brazil is the world's fifth most populated country.

Brazil accounts for three fifths of the South American economy's industrial production, and it is the largest economy in South America. The country's scientific and technological development, together with its dynamic and diversified industrial sector, has proven to be attractive to foreign enterprise. (Brasil, 2008).

Brazil's development requires public policies that increase production efficiency, reduce external vulnerability, and encourage savings and investment as a fraction of Gross Domestic Product (GDP). In 2005, GDP was approximately 1.2 trillion US dollars, and the GDP showed a growth rate of 5.4% (Figure 1) in the third trimester of 2007 (Brasil, 2008; IBGE, 2000).

At a regional level, the status of the Brazilian economy is unbalanced. Average income for the poorest 10% in the northeastern states is approximately half that for the same economic group in the southern, central, and southeastern states. The difference in income is similar when making a comparison with the poorest 40%, and it is only slightly smaller when analyzing the richest 10% (IBGE, 2000). The socio-economic data are even more noteworthy, and reveal a sharp economic gap between the more rural northern and northeastern states as compared to the urban southern, central, and southeastern states. This effectively divides the country across a north/south line (Figure 1).

Brazilian education has changed significantly in recent years, although it is still far from satisfactory. Access to basic education is nearly universal, and secondary education has been expanding very rapidly along with higher education at the undergraduate and graduate levels (Schwartzman, 2003).

Science education has become very important in Brazil and indeed, across Latin America. Brazil has experienced vigorous growth in scientific productivity since the 1990s, rising from 1.7% of the world's share of scientific publications in 1990 to 3.2% in

2000. This appears to be a consequence of increasing investment in tertiary education, especially at the PhD level (Hermes-Lima & Navas, 2006).

Most of the data presented in this work were collected from educational databases and common Internet search engines and others were produced by our group. More specific references were obtained from the CAPES (National Program for Human Training in Higher Education) site as well as other governmental sites (INEP, National Institute for Pedagogic Studies; MEC, Ministry of Education; IBGE, Brazilian Institute of Geography and Statistics). In addition, some data were obtained from ERIC (Education Resources Information Center, www.eric.ed.gov).

The most common keywords used were: 'Brazilian computer use', 'computers in Brazilian Education', 'Brazilian digital divide', 'Brazilian special needs education', 'informatics and education', 'Information and Communication Technologies', and 'Brazilian education', 'K-12 and computers', 'primary education' and some Portuguese keywords such as 'ensino fundamental', 'ensino médio', 'informática na educação', 'inclusão digital', 'Educom', 'Proninfe', 'Proinfo'. Most of the relevant studies found were included in this work.

2. EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGY

2.1 New Educational Requirements

Current changes in educational practice are a result of complex global forces. These effects are felt through changes made at the economic, social, cultural and political levels that influence teachers and students as well as the whole field of academia. Systemic educational reform is a manifestation of globalization which significantly impacts teacher education and teacher work (Tatto, 2006). These changes, to a large degree, result from nations worldwide attempting to remain competitive in a dynamically changing global economy.

The wide spread of digital technology in everyday life imposes to educational systems to educate their students to be aware of its impact on society and the environment. Because its use has become essential, demands have also been placed on schools to make students “technologically literate”.

In the majority of cases, the educational Brazilian system has remained embedded in anachronistic paradigms such as teachers' having a central role in knowledge "transference", the blackboard as the most important pedagogical tool, and crowded classrooms characterized by long periods of passive learning (Castro, 1999). Nonetheless, there are several educational projects in schools which can be considered Islands of excellence. At least since the decade of 30, with Anísio Teixeira and colleagues, Brazilian researchers and educators have been looking for innovations in education. Contemporary researchers follow the tradition and defend the importance of a deep updating of our education system. (Tancredi, 1998; Giordan, 2005; Telles, Fernandes, & Júnior, 2006). Educational reforms are reportedly needed at all levels of the Brazilian school system.

2.2 Use of computers

Ever since computers became available in the 1950s, they have had a profound impact on society and the ways in which we conduct business and financial matters, fight wars and maintain peace, provide goods and services, predict events (e.g., earthquakes, weather, global warming), monitor security and safety and a host of other applications too numerous to mention (Flyn, 2002).

In the USA and other developed countries, the personal computer revolution, beginning in the 1970s, has brought computers into many homes and schools. In Brazil, the use of personal computers began around the 1980s in small scale and has since undergone massive and progressive expansion that is still ongoing. In 1979, the Brazilian government created the Special Secretary of Informatics (Secretaria Especial de Informática – SEI). SEI, in 1980, created a Special Commission of Computer science in the Education (Comissão Especial 1: Informática na Educação CE-IE) that promoted in 1981 (Brasília) and in 1982 (Bahia), respectively, the I and II Seminars of Informatics in the Education that resulted in the development of projects in Universities. (Carvalho & Cukierman, 2006 pg 41 e <http://atlas.ucpel.tche.br/~lla/hieb.htm>) In 1986, the Brazilian government created PLANIN, a national plan for informatics development, approved by President José Sarney (Carvalho & Cukierman, 2006). Finally, in President Fernando Collor de Mello government (1990s), the restrictions imposed by the informatics market

share protection law were revoked, opening the Brazilian market of personal computers and similar technologies to the foreign products.

Nowadays, Brazilian society has come under the strong influence of computers. Both public and private institutions are deeply dependent on informational technologies. For instance, Brazil was the first country in the world to have fully electronic elections. Electronic voting was introduced in Brazil in 1996. Likewise, the Internet played a significant role as an efficient media for spreading and amplifying news during recent Brazilian electoral processes, at least since 2002. It was strategically used to publish real-time news. Information that originally appeared there was subsequently amplified by the print and broadcast media to disseminate stories and opinions that would otherwise not have gained such a broad reach or reaction (Alde, 2005). Paradoxically, the majority of Brazilian people have no access to these technologies (Baggio, 2000; Fundação Getúlio Vargas (FGV), 2003). Official data show that, in 2005, only 18% of Brazilian homes had a computer (IBGE/PNAD, 2006). Historically, as new technologies become available, the pattern of adoption and diffusion creates disparities in access and ownership. In Brazil, many efforts have been made to decrease these disparities. In 2007, results of a comparative study among people from 35 countries that asked about the use of personal computers showed an increase of personal computer ownership of 22% since 2002 (BBC Brasil, 2007). Developed countries such as Sweden and the USA reportedly have rates of 82% and 80% for personal computer use, respectively (BBC Brasil, 2007). Unfortunately, the most common antidote to this situation has been to focus on the computer itself, sometimes in isolation. Massive computer integration will not be the cure for the digital gap in the absence of an accompanying education. As new technological tools continue to develop, new gaps will arise. Therefore, to actually diminish the digital divide, a complex of policies and actions must be implemented at all social layers, including actions to promote effective computer utilization.

2.2.1 Computers and Education

In Brazil, there have already been many discussions and proposals for using the computer as a tool for transforming pedagogical practice instead of just using it as another medium for knowledge production and dissemination (Castro, 2000). According

to “Proinfo” (National Program for Computers in Education), “The main condition for achieving success is the availability of good teachers, who must be qualified at two levels: as educators and trainers (formadores). The teacher trainer is a specialist that trains other teachers in the use of digital technology in the classroom (Rusten & Suguri, 2002). These educators are qualified to support schools’ informatization processes, as stated by Proinfo, and, frequently, work at regional centers known as “NTE” (Educational Technology Nuclei).

The growth in use of computers in schools since the 1980s is not just a matter of an increase in the number of machines. How they are used in schools has also been changing. At the end of the 1980s, some schools were using computers as tutorial devices for basic skills instruction and as objects of study in computer literacy courses. By the same time, other schools were using computer as a learning machine, using Logo and some other software in order to let students develop their intelligence and create their knowledge by developing cultural objects. At the end of the 1990s, students were often using computers as tools for word processing and reference citations. The shift from computer-as-tutor and computer-as-topic toward computer-as-tool is one of the important developments in the recent history of this technology in Brazilian schools.

In an educational context, computers may be a useful tool for information searches, data analysis and storage, and can help provide an attractive learning environment. Better than this, computers are used in schools to produce new things and new views, to produce in collaboration and to learn with peers how to make things that were hard to be done in schools without computers like animations, videos, collective texts and so on. To date, there have been a number of discussions about the advantages and disadvantages of these technological tools and interfaces which have been carried out, despite the production of very little consistent data.

Pedagogical practices are not necessarily changed in any fundamental sense by the introduction of computers. In such a case, computers are only an instructional tool. Furthermore it is possible that computers can do more, they may have other roles. It’s important to situate the digital technology as a pedagogical tool, more than that, as pedagogical interfaces that connects students, teachers and specialists, as a peer that help

do things that were not possible without it. Then we will be able to verify the real advantages and disadvantages of its use.

In a survey conducted in the USA, teachers listed their main objectives for students' use of computers. The main objective chosen by most teachers (51%) was to let students find out about ideas and information. The next most popular objectives were to help students express themselves in writing (44%), to help students to master skills (37%), and to improve students' computer skills (32%). Thus, these teacher objectives emphasized, in order of importance, reference citation work, word processing, basic skills tutorials, and the development of computer literacy (Becker, Jason, & Yan-Tien, 1999).

Recent data show a low use of these technologies in an educational context (Orey, Aires de Castro Filho, Amiel, & McClendon, 2007). A comprehensive survey of technology integration in K-12 classrooms around the United States demonstrated that, although, the number of computers in classrooms was sizeable at approximately 5.8 million computers in 1995, the equipment was generally underused. Though many had expected constructivist pedagogical principles to reign, teachers tended to use the computer as an instructivist tool. Teachers were forced to use computers in specific laboratories that were not conducive to partnering technologies with specific subjects.

These computers were also found to be obsolete, as 49% were considered outdated and unable to run the necessary software. Moreover, computers were used mostly to teach and learn about applications, such as word processing, rather than as a tool for other subjects (Amiel, 2006). The Brazilian data show even more critical results. Among all the Brazilian public schools, only 21% have computer laboratories (INEP-MEC, 2008), and there are insufficient available data on their use. Few studies are available about the use of computers in Brazilian education, though one does suggest that computer laboratories are commonly underused (Castro & Alves, 2007).

2.3 Brazilian Experiences on primary and secondary school

2.3.1 Regional Efforts

One can find reports on experiments and research dealing with computers and education in Brazil since de 1960 decade. There were scattered, localized and disconnected efforts on this subject in some Universities without interaction among them.

Historically, the EDUCOM project was the first effective action addressing Brazilian educational computer use held by the Federal Government. In 1983, five centers were created to train teachers and to implement computer education. These centers were created in different Brazilian regions: UFRJ (Federal University of Rio de Janeiro), UFPE (Federal University of Pernambuco), UFMG (Federal University of Minas Gerais), UFRGS (Federal University of Rio Grande do Sul), and UNICAMP (State University of Campinas) (Oliveira et al., 1995).

The UNICAMP effort was carried out in a class of 24 students with four PCs and a printer. Biology, physics, chemistry, Portuguese, and math were taught using the LOGO language. Problem-based learning was used as the pedagogical approach. Some years later, the project was augmented with 15 more PCs, and all intermediate grades were then enrolled (Oliveira et al., 1995).

The UFRJ researchers choose to develop practices and software to work with Phisics, Biology, Chemistry and Math. They selected a public middle school downtown in Rio de Janeiro city to carry out their analyses and experiments and to evaluate the software that were being built involving teachers and students from both, the University and the School. They have developed and publicized 111 (one hundred and eleven) software for teaching and learning Natural Sciences and Math. (Ferrentini, F. S., Elia, M. F. E., EDUCOM/UFRJ na WEB, Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, UNISINOS 2002)

In University of Minas Gerais, the work involved teachers of Biology, Geography, Portuguese, Math and Physics and several researchers in education (Pedagogy, Philosophy, Science Studies and Sociology). They had 4 goals: equipping schools, software development, teacher training and the use of computers in special education for handicapped students (Tavares, 2009).

In UFPE their goals were teacher training, educational software evaluation and the analyses of the use of LOGO to promote students learning (Tavares, 2009).

In 1981, the Psychology Faculty at the UFRGS, through the Laboratory for Cognitive Studies (LEC), was already researching the use of computers in education under a Piagetian (Jean Piaget, the Swiss Biologist) approach. The Educom project helped them involve other departments in their efforts, like the Education Faculty and the Center for

Informatics in Education. Their work included teacher training in a constructivist approach, the use of Logo as a research tools and in schools as a learning environment, software development and agreements with Public School Systems (State and Municipalities) to help them use technology in educational activities. They also developed graduate and undergraduate courses on the subject of computers in education.

UNICAMP and UFRGS were pioneers and are, nowadays, two of the most important research centers in the field of technology in education in Brazil.

In the 1990s, a computer educational project based on the emerging pedagogy of informatics which was produced by a working team at the Brazilian Institute of Technology in Informatics (ITECI), afforded new insight into the use of computers and information technology in education. These materials--embedded in a methodology expressing the pedagogy of informatics--were first tested through intensive courses and then successfully used for over six years. In 1996, the program was used at seventeen schools, involving approximately 20 000 students in the cities of Recife, Natal, and Fortaleza in Northeast Brazil (Jurema, Lima, & Filho, 1996). This project was considered successful in terms of both the enabling of teachers and the development of a formal pedagogy of informatics. This project contributed to students' understanding of the structure and functioning of computers and software, as well as enabling them to apply this knowledge in other areas.

At the end of the 1990s an educational conference called "Education in bytes--educational software" was carried out at UFRJ (Federal University of Rio de Janeiro) to discuss the use of educational software as a teaching and learning improvement tool. Much of the discussion focused on educational software development, evaluation, and implementation. Several companies had produced educational software with animation, color, and sound, but without any pedagogical basis (Campos, 1996). Actually, this sort of problem is the norm, and the evaluation of software is critical (Giordan, 2005; Hannan, 2005). Software evaluation literature is scarce in Brazilian scientific databases. Educational software is an emerging field (in the 'computers and education' discussion), and some Brazilian research groups have developed new methodologies for this purpose. For instance, Mogi das Cruzes University has been developing new approaches to

interactivity and the design of educational software (Barretto, Piazzalunga, Guimaraes Ribeiro, Casemiro Dalla, & Leon Filho, 2003).

In the Computer Science faculty at Pontifícia Universidade Católica of Rio Grande do Sul, undergraduate students have been developing educational software, regularly, at least since the beginning of 1990 decade. Under Dr Lucia Giraffa's supervising groups of students have steadily developed software, presented them in several congresses on technology in education and offered them to be used in schools. Among them there are: "Abracadabra" (1993), Gutemberg (1994), "Túnel do Tempo" (1995) and so on (Conferir pelo menos anais dos V- Porto Alegre/94 e XIV – Rio de Janeiro/03 Simpósios Brasileiro de Educação – SBC and Lucia Giraffa in Currículo Lattes).

Along the 1990 years, other universities and research centers in Brazil were involved on software development. In the Computer Science Program at COPPE/UFRJ two educational software were developed as result of research on the use of Technology in Education: the "Mulec – Multi Editor Colaborativo para Educação – Collaborative Multi-Editor for Educational Purposes" (Tornaghi, 1995) and the "Hiper-autor", an hypermedia environment to present educational topics (Breitman, 1993). In Universidade Federal de Santa Catarina there was the "Núcleo" a research group in Educational Software: in the V Simpósio Brasileiro de Informática na Educação they presented a paper listing 14 software (Anais do V Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBC - PUC/RS, Porto Alegre, 1994). In UFPE, David Craher and group were working on software for education at least from the middle of the 1980's: in 1987 they won two prizes, one for "Merlin" (First place, professional category in the Annual Contest of Educational Software, Education Ministry, Brasilia), and another one to "Sherlock" (first place in the I Contest of Educational Software, Info Magazine, Jornal do Brasil).

In 2000, UNICAMP and San Francisco University developed software for story-production using computers so as to develop a virtual theatre (de Oliveira & Baranauskas, 2000). Theatre has been traditionally defended in educational contexts as stimulates the development of creativity, imagination, interpretation, concentration, and expression. Children increasingly live in a passive world of second-hand ideas from media sources such as television (de Oliveira et al., 2000). Theatrical plays can be created in the

computer by children working individually or collectively. After completion, the play can be shared over the internet, which allows access by other people. An unfinished play can even be sent over the internet to be updated or extended by other people, establishing a process of collaborative creation through the internet. This is an interesting and promising experience, but, like the others, currently being developed, requires further evaluation.

Another study, carried out at Santo André city (São Paulo State) in 2006, describes computer use at K12 schools (Araújo & Goulart, 2006). Sixty-four public and private schools were enrolled, and the following features were analyzed: number of computer laboratories and their functionality, student computer use, teacher computer use, as well as certain other positive and negative characteristics. Only four of the 64 schools studied had no computer laboratory at all, although all of them had insufficient space and equipment. Two important findings were the inadequacy of computer maintenance and the critical need for teacher training (Araújo et al., 2006).

In addition, no educational software was used in any of the laboratories. In this study, computer usage was based on internet search and Microsoft Office® usage. Different results have been reported by Silva (2008) in Taguatinga city which analyzed mathematics learning at nine schools. Only one had a computer laboratory, and three of the nine had a laboratory from which computers had been stolen. These data also pointed out flawed computer maintenance and inadequate equipment. There were 20 computers, but only 17 had ever been used. In this case, the computer/student ratio was approximately 0.3. Furthermore, only three of the seven math teachers in that school were trained to use computers. In conclusion, in this city in the Federal District, no computer laboratories were in use (Silva, 2008). These results show the great disparities among different Brazilian regions and the difficulty of establishing effective policies which pertain to all of them.

Even though the process of purchasing and installing computers and internet access at schools is complex and expensive, it is in fact only a small part of the challenge facing education planners and principals regarding the enabling and empowering of teachers to integrate these technologies into their every day classroom teaching. Some Brazilian data suggest a failure in the effort to train teachers to effectively use classroom

computers. There is no doubt that teachers play a major role in what happens in their classrooms, and provide a leadership and guiding role in the teaching and learning context, making them critical to the success of any program which would encourage computer usage among students.

Unfortunately, there are problems with the proper development of effective teachers as well as with the conditions in which they work (low income, in-classroom violence, poor pedagogical resources, and computer illiteracy). Some actions have been taken, however, toward increasing the quality of teachers' work conditions. The FUNDEB, Fund for the Maintenance and Development of the Basic Education and Valorization of the Educational Professionals, regulated by the law number 1.494/2007 (law's text is available at http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/Fundebef/fundeb_mp.pdf), has brought some important improvement to teachers' working conditions including funds to raise salaries, support lifelong training and schools equipment.

Another example can be found in some teacher colleges that included computer education in their curricula. This is the case for San Carlos University (San Paulo state), which has inserted "informatics applied to the teaching-learning process" into the future mathematics teachers' curriculum (Baldin, 2003). In general, the available Brazilian literature points to flawed informatics literacy (Castro, 1999; Castro et al., 2007; Brasil, 2006; Tancredi, 1998).

All CEDERJ's teacher undergraduate course have at least two, some have three, disciplines (content subjects) on the use of digital technology in their curricula (www.cedrj.edu.br).

Probably, the most important action in Brazil, nowadays, aiming the improvement of the use of technology in education in K12 schools is the Proinfo Integrado. This program acts in three dimensions: 1 – technological infrastructure, providing computers and Internet access to the schools; 2 – digital contents, offering educational contents in several media and 3 – teacher training, offering courses to be held in the schools to the whole group of educators including teachers, principals and coordinators (Fiorentini, L., and others, Políticas para o Uso das Tecnologias da

Informação e da Comunicação na Escola (Proinfo Integrado), in Educação Digital e Tecnologias da Informação e da Comunicação, Salto para o Futuro, ano XVIII, Boletim 18, Setembro/outubro, disponível em http://www.tvebrasil.com.br/salto/boletins2008/edu_digital/index.htm). The goal of this program is to equip and train the educators in all public schools in Brazil until 2010. In 2008 the number of new computer labs implemented by Proinfo in schools all over Brazil is 150 000 and more than 80 000 teachers were trained in training programs (Agencia Brasil, 2009).

Insufficient training and the near absence of on-going support and supplemental learning opportunities is a very important problem that is being confronted by Proinfo Integrado.

Along with this, there are also often problems surrounding the training curriculum and the approach taken to prepare teachers to effectively use computer and internet technologies in classroom teaching.

2.3.2 Computer and Special Needs Education

The use of information and communication technologies in special needs education is very high on the political agenda of many countries (Arslan, Inan, Ozel, & Wells, 2007). The need to move into the information society and the central role played by education in making the information society a reality is frequently emphasized. Until now, information on the use of information and communication technologies in the field of special needs education has been limited to the national and region levels, and very little information has been available at the world level.

The inclusion of students with special needs in the regular school system and educational computer science are subjects of many studies and discussions on the national education scene. Such discussions issues related to legislation, teacher development, and adapting resources to pedagogical practices (Mantoan & Valente, 1998). Although Brazil has developed laws and provisions to guarantee the integration of students with disabilities into regular schools, this is not happening in most of the cases reported to date. In fact, Brazil does not yet have schools that consider the diversity of students' capabilities as beneficial to the intellectual development of either deficient or

non-deficient students. Poor teacher training and institutional conservatism have been described as major obstacles to the implementation of innovation in this area (Mantoan et al., 1998).

With respect to computer use, there are certain differences between regular and special needs education. Computers may increase the chances that every child with special educational needs can reach his or her full potential in school and make a successful transition to adulthood and the world of further education, training, and work. While the efficacy of computer use in regular education must be tested, computer use in special needs education must, as a main goal, help achieve social inclusion.

Certain Brazilian computerization efforts in special needs education have been reported, and a few of them will be briefly described here. One of the most important Brazilian projects regarding computer use in special needs education is the DOSVOX, a computer system for visually impaired or blind people. DOSVOX was developed by Professor José Antonio Borges at Rio de Janeiro Federal University. This system works both with pre-recorded messages and synthesized speech. By this method, the use of programs and games has a "personality" and does not sound like a robot speaking. DOSVOX produces and reads data that can be processed by other programs for use by non-blind people. For example, a user of DOSVOX can have access to programs using OCR (optical character recognition) or translation from other languages. Also, many specialized programs can be adapted to put blind people to work in specialized tasks like computer-based telemarketing and education. The DOSVOX Project usually produces these programs by request when a firm wants to open working work opportunities for the blind community. For example, more than 200 blind people are working in telemarketing using a DOSVOX-derived program (Borges, 2000). DOSVOX has spread throughout Brazil and today has more than 3000 users. Thousands of visually impaired and blind people have had their lives improved using this program. DOSVOX has had an important impact to the integration of the blind into society, opening new perspectives for study and work.

Because the system is inexpensive, any firm can afford to buy a system like this so that it can employ a blind person for tasks like telemarketing. Students, and in fact,

any users of this system, can read, write, and be communicate with teachers and colleagues who do not know Braille (Borges, 2000).

In addition, other relevant projects have been developed in Brazil, such as the Project for Training Teachers to Integrate the Disabled into Schools (PROEDEM) and the Project for Using Computers in Special Education, developed at UNICAMP (Federal University in Campinas city) (Mantoan et al., 1998).

Another interesting project has been developed in the Public Schools of Maringá city (Paraná State, in Brazilian south region). The research aims at furnishing data from a teaching project that has been developed by students with special needs in computer laboratories at these schools. The computer as a pedagogical resource in the learning process for students with special needs for the development of reading and writing was analyzed. The results indicate better interaction with the machine when the students' cognitive, social, and cultural development is taken into consideration. In addition, the authors have shown the importance of the computer and the internet as pedagogical resources in the process of building the students' knowledge (Altoé & Bacaro, 2006).

Brazilian special needs education has not yet reached a satisfactory level of development. Many students with special needs are neither in regular schools nor using computers. Special needs education, particularly where it involves issues related to the inclusion of pupils with special needs in mainstream education, is a sensitive area that needs to be considered with full recognition to a given country's diverse situations, resources, and history. All countries need to provide the best possible education for their pupils according to their individual situations, and they should fully commit to providing more and wider educational opportunities to those that are at any rate handicapped in such a way to help to minor the special needs and let them have the chance to more equally enjoy social benefits and things human progress has conquered.

3. CRUCIAL REFLECTIONS ON COMPUTERS IN SCHOOLS

Over the last few years, public educational policies have emphasized the need to equip schools with computers and to change teaching practices to match the needs of a knowledge society. Many researchers have commented on the use of technological resources in education, but few consistent data have been produced. A Brazilian meta-

analysis study analyzed research data to check the performance of basic school students from the 4th to the 8th grades together with 3rd year high school students. This study also addressed the relationship between student performance and the use of computers (Dwyer et al., 2007). The results showed that, for all grades and for all social-economic classes, heavy computer use is related to lower school performance. For 4th grade students from poor social backgrounds, even moderate use of computers was found to be associated with poorer performance in Portuguese and mathematics (Dwyer et al., 2007). Other studies by the same group have shown the frequency of computer use in general has a negative effect on test results, and the negative effect increased for younger and poorer students, as well as the degree of Internet access (Wainer et al., 2008). These results point out the need to reflect on the role of computers in teaching, not computers per se. There is no question that access to technology has been growing rapidly in schools worldwide and that we are now at a point when a preponderance of schools own computers and have access to internet resources, yet controversy continues about the effectiveness of these technologies in reaching educational goals.

While there are a number of quantitative studies on the use of computers, qualitative ones are, at present, scarce. The uses of these technologies are based on the assumption that computers, either in school or at home, help students learn. Surprisingly, very little formal research has been carried out on this specific subject, and the sparse research which has been reported supports contradictory conclusions (Wainer et al., 2008). There is a hypothesis that teacher assumptions and beliefs are significant determinants in accounting for why teachers adopt computers in classroom (Hermans, Tondeur, Braak, & Valcke, 2008). Such assumptions might also explain the surprisingly sparse research on this topic.

Digital technology in education continues to provide policy challenges for developing countries (Avalos & Assael, 2006). Heavy investment has been made by the Brazilian government to provide computer accessibility. However, significant heterogeneity in computer distribution still exists across the country. While all the schools in some Brazilian cities have computer laboratories, schools in other cities have no computer laboratories at all. Recent official data show that 79% of Brazilian primary and secondary schools have no laboratory computers (INEP-MEC, 2008). However,

Castro and Alves showed a positive pattern of computer use in Brazilian schools (Castro et al., 2007). In our survey, we found that 82% of the municipal elementary schools of Niterói city have computer laboratories. These data reveal the great disparity in computer distribution. In Macaé, another city in the state of Rio de Janeiro, both the amount and the quality of equipment in computer laboratories were found to be inadequate at that time (Oliveira & Alves, 2003). In addition, states, provinces, cities, schools, and donors are investing millions of dollars in projects that seek to improve education by providing schools with computers and internet connectivity. Recently, the Brazilian government starts a bidding process to buy 150 000 notebooks to public schools. This is a part of the program called one computer per student and the investment will be around R\$ 750 million of real (US\$ 350 million). The harsh truth about school computer programs is that, if teachers are not effectively prepared and given the confidence, time, and resources to make routine use of these expensive tools in effective learning situations, then these investments in technology will have little or no impact on education (Rusten et al., 2002).

To contribute with this discussion we have investigated the use of computers in state schools located at Rio de Janeiro city, an important Brazilian city. According official data (Secretary of State for Education), there are 284 state schools in Rio de Janeiro city. Of all, only 77 (27%) have computer laboratories (figure 2). We performed quantitative and qualitative analysis in 35 of these 77 schools (figure 2). During our visits, a survey questionnaire was answered by the teachers (35 teachers were enrolled) and some important qualitative questions were analyzed.

There was 46 958 students in those 35 schools and only 416 computers. The state schools offer secondary education in a triple-shift system. Each shift has approximately 489.2 ± 286 students of all grades and 11.8 ± 2.0 computers in each laboratory (figure 3). This is a negative index when compared with other countries such Turkey, Thailand, Russia that have 20/1 student/computer ratio (OECD/PISA, 2003). On the other hand, developed countries possess more balanced student/computer ratio. These data reveals, apparently, a very low level of informational technologies use in these schools, until now. Much is discussed about the computers laboratories implementation but flawed discussion about the effectiveness of these technologies. On the other hand, when analyzed some qualitative data, the results shows a different picture. Among the 35

teachers enrolled, only 11 use the computers laboratories (figure 4a). When we analyze how often they use the laboratories, another critical reality arose. Most of teachers uses the laboratories once each 2 months for their classes (figure 4b). Only 2 teachers uses the computers weekly (figure 4b) and the main explanation to this weak use was the great working time spent by the teachers weekly. Some teachers spent more than 60 hours weekly in classes. The second more frequent explanation was the absence of technical support to prepare classes. Indeed, we have low number of computers, but on the other hand, teachers don't use these technologies frequently. These data point out the importance of teacher and teachers' training and qualification on the global pedagogical (or educational) process.

Results of the Programme for International Student Assessment (PISA) show that Brazilian students are in a precarious educational condition (OECD/PISA, 2003). Serious problems are related to quality and equity in Brazilian education when compared with almost all other OECD participant countries. Forty years ago, Korea and Ireland had poor quality education systems, but they rank near the top of the world today (Hamburger et al., 2007). Many Brazilian students do not hold positive attitudes towards science. This decline in attitudes appears to originate in late primary school, but is particularly evident during secondary school (Gil-Perez et al., 2003). Other studies have suggested that this is not unique to Brazil, but rather is a world-wide phenomenon (George, 2006; Hawkey & John, 1998).

Without doubt, when computers are inserted into our lives in such a way they are necessary for certain everyday transactions, a more dependent relationship is furthered each time such a transaction is carried out. While establishing computer laboratories is a basic need, it is still more important to know how to use these technologies and to understand their impact. We believe that teachers have a central place in the whole process and that success or the lack thereof is directly related to teacher performance. While the potential exists for the computer to facilitate pedagogical change and to diminish the access gap, the path to success at present is unclear at best. We believe that the solution to the problem does not lie in devices such as the computer, but rather, in increased technological literacy, especially in the case of teachers.

4. CONCLUSION

Brazil is an emergent country that has experienced improving social, economic, and scientific performance on a global scale. These positive characteristics seem sustainable and promising for the near-term future. Educational policies and the introduction of computers and information technology are still taking place, and, for this reason, Brazil has certain qualitative and quantitative advantages in comparison to many other developing and emergent countries as well as developed ones.

Brazilian education has changed significantly in recent years, but it is still far from satisfactory. Access to basic education is nearly universal, and secondary education has been expanding very rapidly, along with higher education at the undergraduate and graduate levels. The government and the private sector in Brazil are investing millions in projects to improve education by providing schools with computers and Internet connectivity, but more effective investments are urgently required to achieve technological literacy and teacher development.

5. REFERENCES

Agencia Brasil (2009). Coordenador garante que 150 mil computadores portáteis chegarão às escolas em 2009. [on line] available: <http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias /2009/02/13/materia.2009-02-13.9890780212/view>

Alde, A. (2005). Internet, the press and Brazilian elections: agenda-setting on real time. *Systemics, Cybernetics and Informatics*, 4, 61-66.

Altoé, A. & Bacaro, P. E. F. (2006). Special education: Students Developing Computer-Supported Reading and Writing. *Rev.Teoria e Prática da Educação*, 9, 405-412.

Amiel, T. (2006). Mistaking Computer for Technology: Technology Literacy and Digital Divide. *AACE Journal*, 14, 235-256.

Araújo, K. T. M. & Goulart, E. E. (2006). Um estudo sobre a utilização das TIC's na região de Santo André. *Revista Ibero-americana de Educação* 38[3], 1-10.

Arslan, I., Inan, F. A., Ozel, C. T., & Wells, A. G. (2007). Assistive Technologies for College Students with Disabilities. In Nicosia, Turkish Republic of Northern Cyprus.

Avalos, B. & Assael, J. (2006). Moving from resistance to agreement: The case of the Chilean teacher performance evaluation. *International Journal of Educational Research*, 45, 254-266.

Baggio, R. (2000). Information Society and Info exclusion. *Ci.Inf.*, Brasília 29[2], 16-21.

Baldin, Y. Y. (2003). Uma nova disciplina no currículo de licenciatura em matemática: Informática aplicada ao ensino. In *Bienal da Sociedade Brasileira de Matemática*.

Barretto, S. F. A., Piazzalunga, R., Guimaraes Ribeiro, V., Casemiro Dalla, M. B., & Leon Filho, R. M. (2003). Combining interactivity and improved layout while creating educational software for the Web. *Computers & Education*, 40, 271-284.

BBC Brasil (2007). Brasil é o país em que o uso de PC mais aumentou. *A Folha de São Paulo* 09/10/2007.

Becker, H. J., Jason, R. L., & Yan-Tien, W. (1999). *Teacher and Teacher-Directed Students Use of Computers and Software*. (Rep. No. Report #3). Irvine, CA: University of California, Center for Research on Information Technology and Organizations.

Borges, José Antonio (2000). The DOSVOX Project - Changing the Lives of Thousands of Blind Brazilians. *Disability World Web-zine*, 4.

Brasil (2006). O desafio de incluir professores. Anuário TI Governo [On-line]. Available: www.planoeditorial.com.br/anuariotigoverno/2006/pdfs/PAG_36_37_INCLUSAO_DIGITAL_educacao.pdf

Brasil (2008). Brazilian Government WEB Portal. Official Brazilian Home Page [On-line]. Available: http://www.brasil.gov.br/ingles/about_brazil/indicators/

Breitman, K. K., (1993). Hiper-Autor: Um Ambiente para Desenvolvimento de Aplicações Hiper-mídia, Master Dissertation, Supervisor: Ana Regina C. da Rocha, COPPE/UFRJ PESC – Software Engineer.

Campos, G. H. B. (1996). A qualidade em software educacional. In Casa da Ciência - Universidade Federal do Rio de Janeiro (Ed.), (pp. 1-4).

Carvalho, M. S. R. M. & Cukierman, H. L. (2006). *The Internet trajectory in Brazil: From the dawn of computer networking to the institution of its governance mechanisms*. Master degree dissertation - UFRJ, Systems and Computer Engineering Department.

Castro, C. M. (1999). Education in the information age: Promises and Frustrations. *Techknowlogia* 9, 39-42.

Castro, M. F. A. & Alves, L. A. (2007). The implementation and use of computers in education in Brazil: Niteroi city/Rio de Janeiro. *Computers & Education*, 49, 1378-1386.

Castro, M. H. G. (2000). Education for the 21st Century: The challenge of Quality and Equity. In C.E.Rocha (Ed.), *Transition to Global Sustainability: the contribution of Brazilian Science*.

de-Oliveira, O. L. & Baranauskas, M. C. (2000). The theatre through the computer. *Computers & Education*, 34, 321-325.

Dwyer, T., Wainer, J., Dutra, R. S., Covic, A., Magalhães, V. B., Ferreira, L. R. R. et al. (2007). Revealing Myths: Computers and School Performance. *Educ.Soc.Campinas* 28[101], 1303-1328.

Flyn, R. R. (2002). *Computer Sciences: Ideas and Peoples*. (1 ed.) (vols. 1) New York: The Macmillan Science Library.

Fundação Getúlio Vargas (FGV) (2003). Mapa da Inclusão Digital. Fundação Getúlio Vargas [On-line]. Available: http://www2.fgv.br/ibre/cps/mapa_exclusao/apresentacao/apresentacao.htm

George, R. (2006). A Cross-domain Analysis of Change in Students' Attitudes toward Science and Attitudes about the Utility of Science. *International Journal of Science Education*, 28, 571-589.

Gil-Perez, D., Vilche, A., Edwards, M., Praia, J. F., Valdés, P., Vital, M. L. et al. (2003). A educação científica e a situação no mundo: Um programa de atividades dirigido a professores. *Ciência e Educação*, 9, 123-146.

Giordan, M. (2005). O computador na educação em ciências: Breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. *Ciência e Educação*, 11, 279-304.

Hamburger, E. W., Galembeck, F., Barbosa, J. L. M., Tenenblat, K., Davidovich, L., Beirão, P. S. L. et al. (2007). *Ensino de Ciências e Educação Básica: propostas para um sistema em crise* Academia Brasileira de Ciências.

Hannan, A. (2005). Innovative in higher education: contexts for change in learning technology. *British Journal of Educational Technology*, 36, 975-985.

Hawkey, R. & John, C. (1998). Expectations of secondary Science: Realisation and Retrospect. *School Science Review* 79[289], 81-83.

Hermans, R., Tondeur, J., Braak, J. v., & Valcke, M. (2008). The Impact of primary school teachers' educational beliefs on the classroom use of computers. *Computers & Education* 51, 1499-1509.

Hermes-Lima, M. & Navas, C. A. (2006). The face of Latin American comparative biochemistry and physiology. *Comp Biochem. Physiol C. Toxicol. Pharmacol.*, 142, 157-162.

IBGE (2000). Censo Brasileiro. IBGE [On-line]. Available: www.ibge.gov.br

IBGE/PNAD (2006). Pesquisa Nacional Por Amostra de Domicílios. IBGE [On-line]. Available: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2006/tabsintese.shtm>

INEP-MEC (2008). Censo Escolar 2007. www.inep.gov.br [On-line].

Jurema, A. C. L. A., Lima, M. E. C., & Filho, M. J. (1996). Using Computers in K-12 Schools: A project presentation and evaluation. In *Annals of The 7th International Conference on Technology and Distance Learning* (pp. 1-19). Alagoas/Brazil.

Mantoan, M. T. E. & Valente, J. A. (1998). Special education reform in Brazil: an historical analysis of educational policies. *European Journal of Special Needs Education*, 13, 10-28.

OECD/PISA (2003). *Learning for Tomorrow's - First Results from PISA 2003* Organisation for Economic Cooperation and Development- Programme for International Student Assessment.

Oliveira, C. D., Cheretti, E. A., Nascibem, N. M. S., Sidericoudes, O., Faça, V. R., & Oretelli, V. R. (1995). Expectativas e Reflexões Sobre o Uso do Computador como Recurso Pedagógico. In J.A.Valente (Ed.), *Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação* (1 ed., pp. 1-8). São Paulo: NIED - Unicamp.

Oliveira, M. S. M. & Alves, L. A. (2003). O uso do computador na educação nas escolas estaduais do município de Macaé. Trabalho final apresentado à pós-graduação em educação científica em biologia e saúde do instituto Oswaldo Cruz., 1-31.

Oliveira, R. (2001). *Informática Educacional*. (5 ed Papirus ed.) Brasília.

Orey, M., Aires de Castro Filho, J., Amiel, T., & McClendon, J. (2007). Changing Perspectives: Reflections on Four Years of International-Service Learning in US and Brazil. In C. Crawford (Ed.), (pp. 1813-1815). Chesapeake, VA: AACE.

Rusten, E. & Suguri, V. (2002). Brazil: Rapid experiential learning program an integrated approach to teacher preparation. *Techknowlogia*, 2002, 49-54.

Schwartzman, S. (2003). The challenges of education in Brazil. CBS-38-2003, 1-47. University of Oxford Centre for Brazilian Studies. Working Paper Series CBS-38-2003.

Silva, J. M. (2008). A utilização de laboratórios de informática nas aulas de matemática nas escolas públicas do ensino médio de Taguatinga - DF. Universidade Católica de Brasília [On-line]. Available: <http://www.matematica.ucb.br/sites/000/68/00000073.pdf>

Tancredi, R. M. S. P. (1998). Globalização, Qualidade do Ensino e Formação Docente. *Ciência e Educação*, 5, 71-79.

Tatto, M. T. (2006). Education reform and the global regulation of teachers' education, development and work: A cross-cultural analysis . *International Journal of Educational Research*, 45, 231-241.

Tavares, N.R.B. (2009). História da informática educacional no Brasil observada a partir de três projetos públicos. [On-line] Available: <http://quimica.fe.usp.br/textos/tics/pdf/neide.pdf>

Teixeira, P. M. M. (2003). A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S. no ensino de ciências. *Ciência e Educação*, 9, 177-190.

Telles, A. T., Fernandes, D. P., & Júnior, V. F. O. (2006). Quebrando Paradigmas na Educação com o uso da Tecnologia. In *II Congresso Nacional em Educação e Tecnologias Digitais e IV Semana de Matemática* (pp. 16-25). Ji-Paraná/RO: Unir.

Tornaghi, A. (1995). MULEC – “MULTi-Editor Cooperativo para Aprendizagem”, Master Dissertation, Supervisor: Jano Moreira de Souza, PESC-Coppe/UFRJ.

Wainer, J., Dwyer, T., Dutra, R. S., Covic, A., Magalhães, V. B., Ferreira, L. R. R. et al. (2008). Too much computer and Internet use is bad for your grades, especially if you are young and poor: Results from the 2001 Brazilian SAEB. *Computers & Education* 51, 1417-1429.

LEGENDS

Figure 1. Some Brazilian socio-economical data. They are divided by the 5 political regions (North, Northeast, West Central, southeast and south) and total as well. These data were obtained by Brazilian Institute of Statistics and Geography (IBGE). The numbers of home computers are based on usual residences. The value of Gross Internal Product (GIP) are in Real (R\$).

Figure 2. Summary of all state schools in Rio de Janeiro city and the number of schools that have computer laboratories. The data were obtained by Rio de Janeiro Secretary of State for Education. In detail, total of schools which have laboratory computers and schools analyzed by this study.

Figure 3. Number of students and computers of all 35 state schools analyzed by this study and the ratio between number of students and number of computers.

Figure 4. a. Number of teachers enrolled in studied schools and which use the computers laboratories (only users) and b. The frequencies of use these teachers (only users).

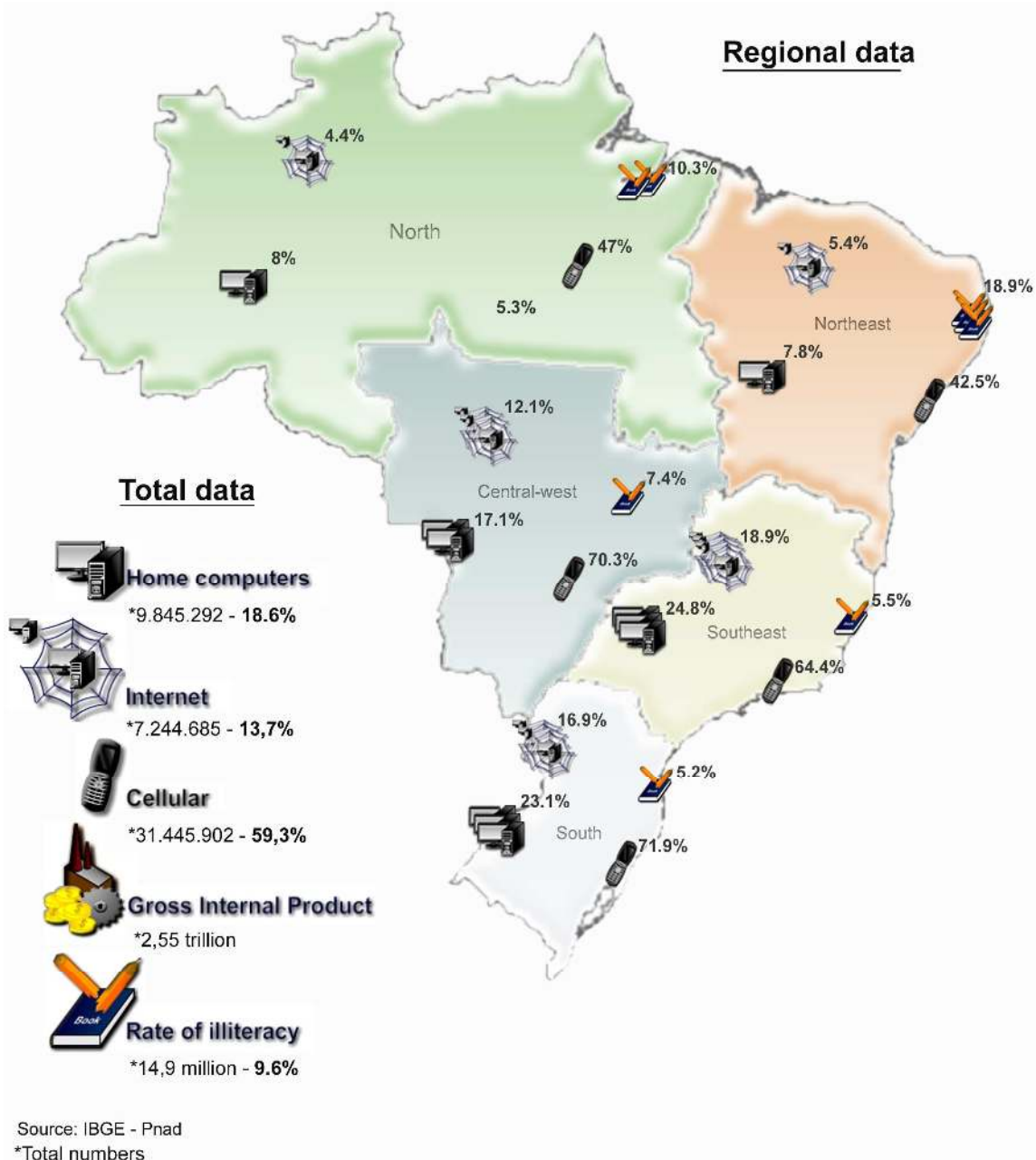


Figure 1

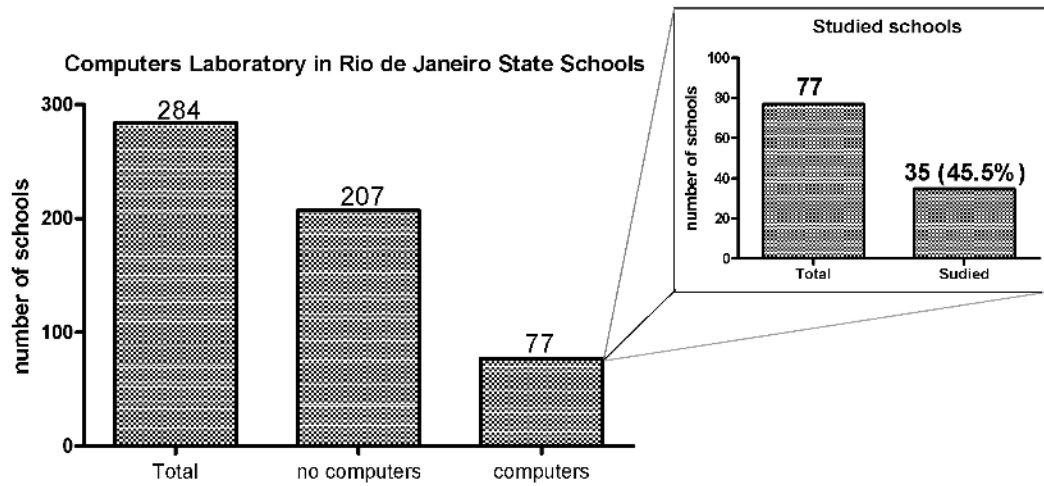


Figure 2.

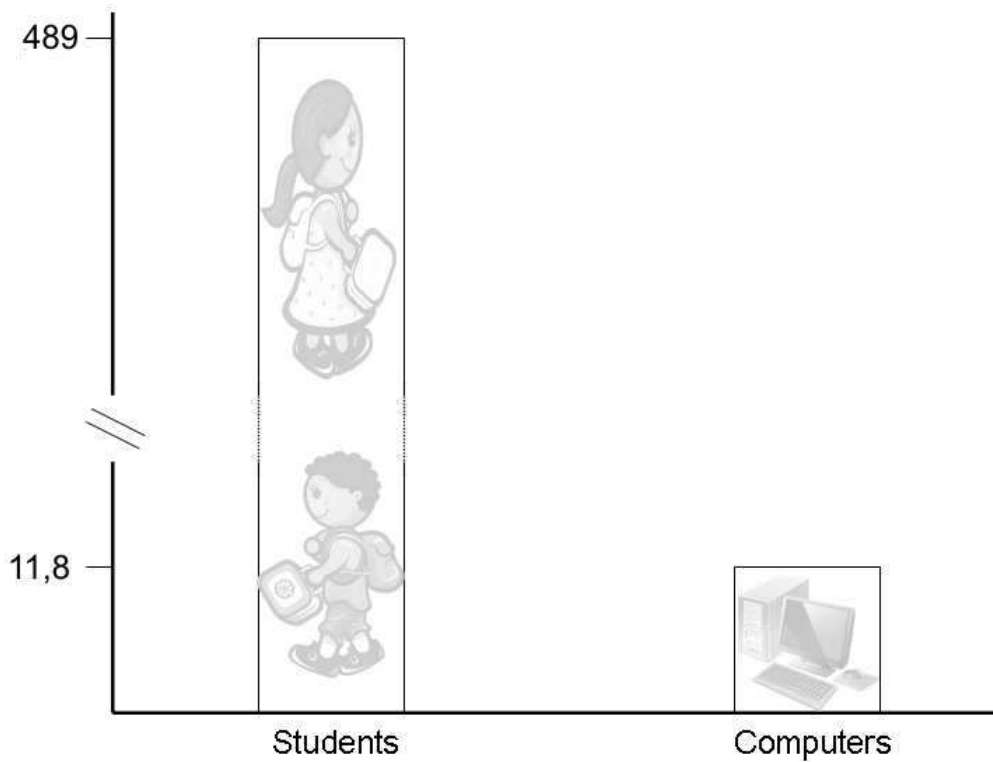


Figure 3.

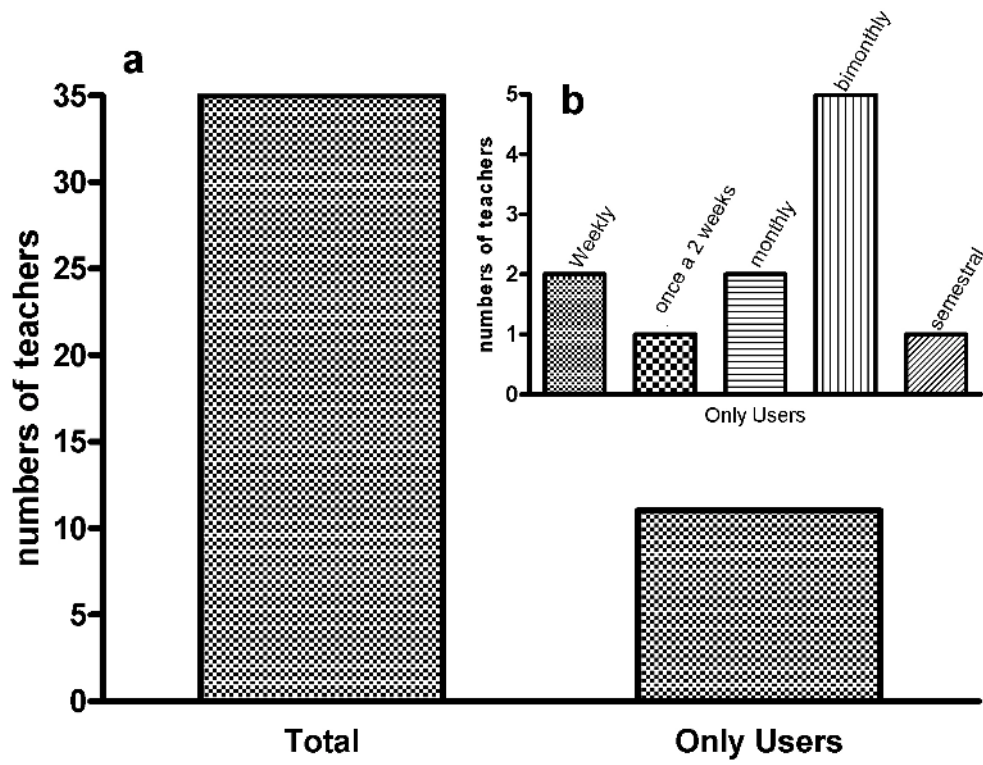


Figure 4.

4.2 ARTIGO 2.

Os Departamentos de Farmacologia das dezesseis escolas de medicina do Rio de Janeiro foram convidados a responderem um questionário abordando suas práticas correntes no ensino da disciplina. Outras informações tais como estratégias pedagógicas utilizadas por cada departamento e/ou professor, uso de tecnologias da informação, livro-texto, desempenho discente foram também avaliados. Das dezesseis escolas médicas existentes no momento do estudo duas não participaram da pesquisa.

Além disso, alunos das escolas participantes do estudo, foram também convidados a participarem respondendo um questionário. Essencialmente os dois questionários (alunos e professores) utilizados abordavam informações semelhantes; contudo, seriam respondidos sob diferentes pontos de vista. A partir dos dados obtidos neste artigo foi possível desenhar o atual padrão de ensino da Farmacologia no Estado do Rio de Janeiro.

Is Learning and Teaching Pharmacology a Global Concern? A Case Study from Rio de Janeiro, Brazil

Antonio Augusto Fidalgo-Neto, PhD student; Laboratório de Comunicação Celular - Instituto Oswaldo Cruz – FIOCRUZ; Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde

Renato Matos Lopes, PhD; Laboratório de Comunicação Celular - Instituto Oswaldo Cruz – FIOCRUZ

Ricardo Riedel Martins Ribeiro; Laboratório de Comunicação Celular - Instituto Oswaldo Cruz – FIOCRUZ

Luiz Anastácio Alves, MD, PhD[§]; Laboratório de Comunicação Celular - Instituto Oswaldo Cruz – FIOCRUZ

[§] Corresponding author

Laboratório de Comunicação Celular and Pós-graduação de Ensino de Biociências e Saúde. Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brazil
Av. Brazil, 4365 – Manguinhos, 21045-900, Rio de Janeiro, Brazil - Fax: (55) (21) 2562-1815; E-mail: alveslaa@ioc.fiocruz.br

ABSTRACT

Knowledge of pharmacology is crucial for physicians to perform rational and safe medicine. The present study describes the current pharmacology educational practices in the state of Rio de Janeiro's medical schools and reports medical students' perceptions and preferences. All of the medical schools were invited to participate. The pharmacology teachers filled out a survey that included four sets of questions that analyzed the following characteristics: 1. the staff characteristics; 2. the pharmacology content; 3. the teacher's concepts; 4. the common practices and resources that were used. Additionally, we collected information from 163 medical students using a semi-structured questionnaire about the most effective way to teach pharmacology and about the details of their pharmacology education. Our results revealed that the number of teachers with advanced degrees was not equally distributed among the schools and that only a few of these teachers conducted research and taught. All medical schools had similar overall curriculums. We found that the multimedia projector was the most common resource; no other use of informational and technological resources was reported. Passive methodologies remain a current strategy in pharmacology classes and, in general, the medical students are poorly motivated. As a result, these medical students do not fully understand the integration between pharmacology's basic concepts and their clinical applications. In general, the common Brazilian practices that involve teaching and learning pharmacology could be improved. More active pedagogical strategies and the use of technological resources need to be implemented to adequately prepare students for medical demands at a global level.

Keywords: pharmacology, medical schools, medical education, Rio de Janeiro, pharmacology curricula

Introduction

Pharmacology is a mainstream, basic science in the study of medicine and is one of the crucial subjects that is found in basic and clinical medical curricula (Faingold & Dunaway, 2002; Gray, Danoff, & Shepherd, 2007; I. Hughes, 2002; Hughes, 2003). However, teaching and learning pharmacology is a complex task. Medical students are expected to learn a significant amount of information by the time that they graduate. Because the understanding of pharmacology and pharmacotherapeutics demands the knowledge of nearly 20,000 therapeutic agents (Franson, Dubois, van Gerven, & Cohen, 2007), the inclusion of this subject in a medical curriculum significantly increases the quantity of information that students need to learn. The primary objective of learning pharmacology is to motivate medical students to gain knowledge of the general pharmacological and therapeutic principles that aid in the effective management of diseases (Chiu Yin Kwan, 2002). Additionally, pharmacology is more than a distinct subject in medical education; it is an interdisciplinary subject that integrates basic and clinical sciences. This integration is evident in the scientific journals in the following areas of study: biochemical pharmacology, pharmacology and physiology, pharmacology and toxicology, pharmacy and pharmacology in the area of the basic sciences, pulmonary pharmacology, cardiovascular pharmacology, neuropharmacology, psychopharmacology, therapeutic pharmacology, and clinical pharmacology (Chiu Yin Kwan, 2002).

Recent research has highlighted the need to review the teaching practices in pharmacology education (British Pharmacological & Physiological, 2006; Faingold & Dunaway, 2002; E. Hughes, 2002; Chiu Yin Kwan, 2002; C. Y. Kwan, 2004). The

development of biomedical technology is advancing with at an unprecedented rate. Thus, the teaching and learning of the pharmacological sciences within medical curricula requires a novel, effective, and holistic approach to motivate medical students to learn the essential objectives of this subject. Scientific advances in the field should lead to frequent changes in the curriculum, which would be particularly difficult to enact in a traditional, content-based, didactic teaching environment, especially because of the congested curriculum (Achike & Ogle, 2000).

Because there are practical endpoints for pharmacology education, we focused on the clinical errors that are specifically related to the use of drugs and therapeutics. The data from previous reports have shown that clinical errors in the use of drugs are a common, global problem (S. J. Wheeler & Wheeler, 2005). Prescribing is a complex and challenging task that requires knowledge of pharmaceuticals and an understanding of the principles of clinical pharmacology, among other skills (Likic & Maxwell, 2009). In 2002, a study from the U.S. reported a 19% frequency of errors in drug administration, and 17% of these errors were dosage errors (Barker, Flynn, Pepper, Bates, & Mikeal, 2002; D. W. Wheeler, et al., 2004; S. J. Wheeler & Wheeler, 2005). Conversely, in the U.K., over 50,000 medication incidents were reported to the U.K. National Patient Safety Agency (Likic & Maxwell, 2009). Brazilian data concerning drug administration errors or adverse effects are scarce and are under-registered; however, several problems in pharmacology education have been indicated (Rapkiewicz, Trebien, & Boerngen-Lacerda, 2006). Furthermore, several reports on prescription errors and adverse effects that are caused by drug-drug interactions in the Brazilian Hospitals have been reported

(Cruciol-Souza & Thomson, 2006a, 2006b; Cruciol-Souza, Thomson, & Catisti, 2008; Passarelli, Jacob-Filho, & Figueiras, 2005).

Pharmacology education plays a central role in the safe practice of medicine because medication-induced adverse events, including drug-drug interactions, occur frequently and have a negative impact on public health, thereby raising major concerns about the adequacy of pharmacology education in the medical schools (Bates, et al., 1998; Faingold & Dunaway, 2002; Lazarou, Pomeranz, & Corey, 1998). These reports emphasize the need to improve the ways that current and unbiased pharmacological knowledge is gathered and kept up to date for medical students and medical practitioners. These reports also emphasize the need for further investigation of the teaching practices that are used in current pharmacology education practices.

The present study aims to describe the current pharmacology education practices in the medical schools of the state of Rio de Janeiro, Brazil. We focused on the educational strategies and resources that are used in the medical schools and that are involved in the teaching and learning of pharmacology. We also focused on the students' perceptions of pharmacology as a subject within the medical curriculum.

Material and Methods

The present study was divided in two parts. The first part focused on the medical schools and the pharmacology teachers, and the second part focused on the medical students who finished the pharmacology portion of their program.

Medical Schools and Teachers

According to Rio de Janeiro's Council of Medicine (CREMERJ), which is the institution that regulates medical practices in the state of Rio de Janeiro, sixteen medical schools exist in the state. However, only fourteen schools were included in the present study. One school was excluded because it was temporary closed for administrative reasons. The other school was excluded because it does not include pharmacology in its curriculum, which is a Problem-Based Learning (PBL) curriculum. The pharmacology departments of all of the fourteen remaining medical schools were invited to participate. The head of each department, or one of his or her staff, was contacted by phone or e-mail and was asked to answer a questionnaire that was sent to them by e-mail.

Several general descriptive data (table 1-*Staff characteristics, pharmacology content, and general organization*) were collected from the Lattes Platform. The Lattes Platform is a database of curricula and institutions in the science and technology areas in Brazil; it is available in Portuguese and English at <http://lattes.cnpq.br/english/index.htm>. The data on the pharmacology teachers for all 14 medical schools, were collected from this database. In addition, many organizational and curricular data for the medical schools were obtained from their websites, when available (table 1 *Staff characteristics, pharmacology content, and general organization.*) The specific questions (table 1- *Teacher's perceptions and concepts and common practices and resources*) were collected directly from the fourteen pharmacology teachers. Four of these fourteen medical schools are public institutions that are maintained by the Federal or State governments in Brazil, and these courses are offered to the students free of charge. The other schools are privately funded (profit or non-profit) institutions, and although they charge for their services, they also offer scholarships to some students. Responses were obtained from

four teachers that worked in public institutions and from ten teachers that were teaching in private schools. The first questionnaire, which was given to the pharmacology teachers, included four sets of questions that targeted the following aspects: 1. the staff characteristics; 2. the pharmacology subject content and the general organization of the department; 3. the teacher's perceptions and ideas; and 4. the common practices and resources that were used by each medical school. The details of each set of questions are shown in Table 1.

The questionnaire was largely composed of closed questions. The questionnaire also contained several open questions; thus, these questions allowed a qualitative evaluation. When necessary, semi-structured interviews were conducted with the teachers. Furthermore, the survey questionnaire contained several questions that required the respondents to reply using a Likert scale rating. The categories used in Likert scale are described in results section.

Medical Students

One hundred sixty three medical students from the fourteen medical schools in the present study were randomly selected. All of the students had concluded the pharmacology course (which occurred between the students' third and fifth year). The second questionnaire, only for students, included two sets of questions that targeted the following aspects: 1. the students' perceptions of the pharmacology content, the pedagogical preferences, and their grades and 2. the common practices and resources in their pharmacology program. The details of each set of questions are shown in Table 2. This questionnaire was largely composed of closed questions.

Statistical Analysis

The quantitative analysis was conducted by calculating the frequency percentages, means, standard deviations, and minimum and maximum values using GraphPad Prism, version 5.00, for Windows (GraphPad Software, San Diego California USA, www.graphpad.com).

Ethical Considerations

The present study was approved by the Ethics Committee for Research with Human Beings of Evandro Chagas Institute for Clinical Research, IPEC – FIOCRUZ. All of the subjects (the teachers and students) participated in the present study voluntarily and signed a free informed consent form.

Results

Medical Schools and Teachers

The following descriptive results are summarized in Table 3: the staff analysis, the pharmacology content, and the general organization for all of 14 medical schools (these data were obtained from lattes platform database). Our survey shows that the number of teachers with advanced degrees among the schools was not equally distributed (median = 3.0, min = 2.0, and max = 19.0). The public medical schools exhibited a more significant variation in the number of teachers per subject. The compositions of the curricula among the fourteen medical schools were extremely similar. We only observed a few variations in these curricula, such as the use of different textbooks and theoretical references. The textbook that was most commonly used was Brunton et al., with Katzung et al. and Rang et al. as complementary sources. The pharmacology content was often

divided into two or more subjects that were offered during different periods. The median number of the total credit hours for pharmacology was 144 total hours (Table 3.) Only one of the medical schools in the present study presented all of the pharmacology content in one subject that took place over a total of 120 hours. Conversely, half of the medical schools offered clinical pharmacology as a separate subject. A debate exists concerning the importance of clinical pharmacology in medical curricula. In the present study, only 50% of the medical schools had a dedicated discipline to integrated clinical and basic pharmacology concepts in the Rio Janeiro.

Many researchers have noted the central role that pharmacology plays in medical curricula, and in our research, we obtained similar results. Eighty three percent of the teachers in the present study considered pharmacology to be a complex subject, among which, 17% of these teachers believe that it is an extremely complex subject. All of the teachers reported that pharmacology is a very important subject, confirming its central role in medical education. These teachers reported that pharmacology is substantially interdisciplinary (56.3% of the teachers) and multidisciplinary (31.3% of the teachers). All of the teachers reported that contents from other subjects, such as mathematics, chemistry, biochemistry, and physiology, are also used when teaching pharmacology (100% of the teachers).

The teachers were asked to report the percentage of students that passed class. At eight schools (57.14%), the approval rate ranged from 70% to 90%, and at four schools (28.57%), the rate was higher than 90%. At two of the schools (14.29%), the approval rate was between 40% and 70%.

The use of expository lectures was the main teaching strategy that was used in the medical schools in the state of Rio de Janeiro. In addition, the teachers also reported that all of their students were encouraged to participate actively during the classes. The teachers also reported that they aimed to build a connection between clinical practice and the topics that were discussed in class. All of the teaching strategies that were used by the teachers in the present study are shown in Figure 1. The multimedia projector was a commonly-used pedagogical resource, in addition to the blackboard and the transparency projector.

When asked about the use of educational software, only 2 of the universities reported its use in pharmacology classes. Simulations, tutorials, and animations were not common pedagogical strategies for teaching pharmacology in any of the state of Rio de Janeiro's medical schools. The educational software that was used by 2 of these teachers was a package that was made by the University of Strathclyde in Glasgow, Scotland, called "The Strathclyde Pharmacology Simulations". This package consists of a suite of programs that simulates pharmacological experiments on isolated tissues or in whole animals. A variety of drugs can be applied in different concentrations, and the effects can be observed. No other resource, strategy, or pedagogical practice was mentioned by the teachers in the present study. A significant number of medical schools did not provide laboratory practice classes (56.3%). Of those schools that did provide these classes (43.8%), they occurred from 3 to 5 times during each semester, and 55.6% of these classes used laboratory animals.

Approximately 56.3% of the medical schools' libraries did not provide enough textbooks or theoretical references. In terms of the other resources that are normally

offered by medical schools, we also analyzed the use of computers and Internet access. All of the medical schools had computer laboratories that were connected to the Internet, but 56.3% of the teachers answered that these resources were insufficient in number and quality.

Another important topic that was addressed in the present study was the pharmacology department's pedagogical orientation and whether it was clearly articulated. All of the teachers (100%) reported that there was no formal pedagogical orientation in their department.

Medical Students

All of the medical students who participated in the present study had finished their pharmacology course. These students were in their 5th year and had a mean age of 24 years. The medical students' surveys aimed to explore the students' points of view and their pedagogical preferences. Additionally, several questions were common to both questionnaires and were designed for both the teachers and the students. Initially, we aimed to discern the students' satisfaction and motivation level for pharmacology as a subject. A Likert scale was used to measure their level of satisfaction and motivation concerning the pharmacology lectures (the scale ratings ranged from 0 to 3, with 0 being dissatisfied and unmotivated and 3 being satisfied and motivated). A significant number (44,78%) of the medical students responded as being discontented and poorly motivated (level 1 on the Likert scale). Only 18 of the medical students (11,04 %) responded as level 3 on the Likert scale (completely satisfied and motivated). The other 38,04% (62) and 6,13% (10) of the students responded as levels 2 and 0, respectively.

The reports of the students' pedagogical preferences during the classes revealed an interesting result. When we asked what kind of pharmacology lecture they preferred, the students demonstrated a clear preference; 64,42% of the students liked expository lectures. Conversely, many students had a preference for more active teaching strategies. Approximately 29,45% (48) of the students answered that the ideal teaching strategy was an introductory problem (problematization), followed by explanation and discussion concerning the main theme. This item on the questionnaire allowed for an open-response, and several students (4,29%) replied with an answer that highlighted the relevance of theoretical training and exercises to increase overall test performance in their pharmacology course.

The bibliography that was adopted by the pharmacology programs provided some interesting data. The teachers and departments adopted Brunton et al. as the main textbook; however, this book was not the textbook that most pharmacology students read. The students preferred Katzung and Rang & Dale as their pharmacology textbooks (54,60%), which were suggested as complementary sources by the teachers. Many students (80,37%) stated that computers and educational software were relevant to improving their learning. When we asked why, the following main keywords were used: "helps memorize content"; "it is an environment where it is possible to perform exercises"; and "facilitation of the visualization of drugs' mechanisms of action". In a comparative analysis that considered the other medical subjects, all of the students reported that pharmacology was a very important or important subject in the medical curriculum (Likert scale of 2 and 3). This answer is in agreement with the teachers' responses.

Although pharmacology is well-known to be an interdisciplinary science, this finding could not be demonstrated here. A number of students reported that they did not need to read any non-pharmacology sources and that they did not need different skills in any other area to study pharmacology. Twenty two percent of the students that were enrolled in the present study stated that they had never used different skills from other subjects to study pharmacology, and the same percentage of students stated that they rarely use textbooks in addition to the pharmacology textbook. The other 40% of the students reported that they used other subjects, such as physiology, biochemistry, among others, to better understand pharmacology's concepts.

Overall, the students' academic performances were quite low. More than thirty percent (37,42) of the students finished pharmacology with a grade of "C", approximately 52,76% of the students finished with a grade of "B," and only 7,36% of the students earned the maximum grade of "A." Three of the students reported a grade of "D" in pharmacology. In the teachers' questionnaires, we asked about the approval rate without considering the grades, since they stated that a majority of students passed class. Thus, it is plausible to have a high percentual of passed class students, as reported by the teachers, even with low grades, as shown in the students' responses on the questionnaires.

In agreement with the teachers' responses, 90% of the students stated that the main teaching strategy was the expository lecture, although guided-exercises and seminars were also sometimes used (2% and 8%, respectively). All of the students reported the use of a multimedia projector as the main pedagogical resource, which was followed by reports of use of the blackboard. The following result seems to conflict with the teachers' responses; a significant number of students stated that the teachers did not

use, or rarely used, clinical examples during the lectures (52,15% and 30.3%, respectively), while the most of the teachers declared that usually uses clinical examples during the lectures. Additionally, the medical students reported that there were no practical classes and that no teachers used pharmacology software in the virtual practical classes. All of the students (100%) reported that they were assessed using written tests. In the open-response portion of this item, several students included seminars as a partial performance assessment.

At the end of the students' questionnaires, there was an open-response field to comment freely. The predominant response was related to the curricular distance to the clinical subjects and to the lack of integration between pharmacology and other medical practices. A number of students suggested changing the timing of the pharmacology course as in farther along in the curriculum, to a time when students are taking clinical courses. This trend is at odds with the teachers' concerns that were mentioned above, in terms of the integration of the basic concepts and clinical practice.

Discussion

In the present study, we attempted to do a preliminary analysis of pharmacology education in the medical schools in the state of Rio de Janeiro, Brazil. To do so, we collected data from pharmacology teachers that represented the pharmacology department in medical schools in the region. Several themes were analyzed, including the pedagogical approaches that were used by the teachers or that were preferred by students, the textbooks that were used (adopted or preferred), and the practical classes, among others (Tables 1 and 2).

Initially, we collected data concerning the university's pharmacology department staff. There were a total of sixty seven professionals, including physicians, pharmacists, and others, that were working at the medical schools' pharmacology departments. Physicians made up the majority of these professionals. Fourteen of the sixty seven pharmacology teachers were enrolled in our study, with each teacher representing one medical school. These teachers predominantly worked part-time, spending at least 20 to 30 hours each week at each university. Several of the teachers worked at two or more medical schools. A full time job can provide some advantages to the development of a high-quality educational system; it allows the teachers to spend part of their time conducting research. Studies have been conducted that point out the importance of physician-researchers, including clinicians and their role in the academy. These teachers have an important role in supporting students' scientific experiences (Lander, Hanley, & Atkinson-Grosjean, 2010). Pharmacology is a dynamic science that must regularly incorporate new information.

Brazil's education is governed by a federal law from 1996 (named "Lei de Diretrizes e Bases"). This law establishes that higher education has to promote teaching but also has to encourage the development of scientific research and the development of university extension projects. However, a strong possibility exists that some medical schools do not perform research activities regularly (McCowan, 2005). We believe that the teachers' dedication to the academic activities at the university, allowed them to teach, to develop research and extension projects, and to participate in clinical care at the university hospital, which makes a difference in the students' education. Future prospective studies should be conducted to investigate ways to improve medical

education. Additionally, teachers from private medical schools are often part-time teachers that teach at more than one school, which results in a heavy workload from the different universities and the different courses, such as nursery, pharmacy, and others. This heavy workload may contribute to a poor quality of education for the students when compared to that delivered by teachers that are exclusively dedicated to one school and one course.

The overall curricula and the pharmacology textbooks were similar for the medical schools in our study. The average number of hours that was dedicated to pharmacology subjects was 144, with minor variations between the courses analyzed. This number was similar or slightly greater than what has been observed in other countries, such as the U.S., U.K., Canada, and Mexico (Marin-Campos, Mendoza-Morales, & Navarro-Hernandez, 2004; Tobaiqy, McLay, & Ross, 2007; Zellner, Boerst, & Semling, 2003). Conversely, pharmacology courses are usually taught in one or two parts, and only half of these courses attempt to address clinical pharmacology. The above-mentioned countries have offered basic and clinical pharmacology as subjects for medical students.

In the U.S., the U.K., and Canada, a clinical pharmacologist profession exists (physician or non physician), and many authors have reported problems related to clinical pharmacology education (Gray, et al., 2007; Tobaiqy, et al., 2007). In the present paper, clinical pharmacology appeared to be a more critical course in pharmacology education. More than 50% of the medical students stated they received no clinical examples during the pharmacology classes, and approximately 30% of the students reported that examples were rare; however, the teachers reported that clinical pharmacology was often addressed

in class. This apparent discrepancy between the responses of the students and the teachers is a complex phenomenon. Many factors are involved in the students' perceptions of the in-class teachers' practices, including the students' ratings of the teachers (Beran & Violato, 2009). These potential problems in clinical pharmacology education could be related to the prescribers' errors and to a number of adverse events (Lertora & Atkinson, 2007). Several authors have stated that an improvement in clinical pharmacology may be related to the shift in the medical curricula away from the discipline-based to the more integrated, problem-based programs, eliminating the need for formal courses and assessments in clinical pharmacology and therapeutics (Gray, et al., 2007). Unfortunately, to teach pharmacological basic concepts is an arduous process, and many students fail to relate these concepts to practice and clinical experience (Lymn, Bath-Hextall, & Wharrad, 2008). However, in at least half of Brazil's medical schools, traditional curricula are used, and no clinical pharmacology course is given. Interdisciplinary approaches and the use of active methodologies are still far from popular in classes in Brazilian's medical schools. Our data revealed a lack of integration between the subjects, including those in the basic and the clinical curricula. Integrative approaches to the presentation of curricular materials in undergraduate medical education have received considerable attention because they present a cohesive approach to medical problems and are believed to increase students' motivation (Antepohl & Herzig, 1999; Lubawy & Brandt, 2002; Zellner, et al., 2003). Considerable interest has been expressed in a pharmacology education that is capable of promoting the acquisition of an integrated basic and clinical science knowledge base and of contributing to the development of clinical reasoning skills.

Changes in pharmacology education are being driven by various forces. The exponential increase in biochemical and molecular knowledge, emergent pathologies, and the diminished efficacy of a significant number of drugs may be a few of these forces. The results of the present study revealed few differences in the learning approaches. The expository lecture was reported to be the main approach that was used to teach pharmacology. Variations, such as seminar presentations and clinical correlations, which were used during the classes, were also reported by the pharmacology teachers. Otherwise, there were significant differences between the teachers' responses and the students' responses. The students reported that expository lectures were the only teaching strategy used. Currently, several alternative strategies for teaching pharmacology are available, including problem-based learning, simulated practices, peer assessment, interactive computer based learning, virtual learning environments, and integrative and collaborative medical courses. Interestingly, the main teaching approach was the expository lecture, which is a passive strategy for teaching. This approach was in agreement with the students' preferences. Alternatively, the responses concerning the motivational and class preference aspects were conflicting. If the teacher's strategies are the same as those preferred by the medical students, why are the students not motivated and satisfied? Teaching strategies may be most effective when the learners have the opportunity to think and talk together, to discuss ideas, and to analyze and solve problems. The motivation scale is a useful parameter that avoids constant teacher mediation. This result is intriguing because, in the present study, the students preferred the expository lecture, and they were not content during their classes. Much discussion has been made regarding active methodologies and the difficulty in implementing them

by teachers and schools; however, there has been little discussion concerning the student's barrier in implementing these active methodologies. In general, these active methodologies force students to work hard during classes and in other extra-class situations. These conflicting results should be investigated further in future studies.

The teachers observed that many students, after only a few lectures, failed to comprehend much of the lecture material. These didactic lectures were delivered via PowerPoint and were distributed as black-and-white handouts. Many students appeared to focus too much on the details instead of on the central idea of the lectures. The level of noise in the classroom grew as the students became lost and became increasingly inattentive during the lectures. These distractions negatively affected the course, and the class attendance declined by as much as 25% (Cain, Esther, & Rohr, 2009). Several pedagogical strategies could be used to improve the overall students' performances, including games, collaborative practices, and educational software, among others (Cain, et al., 2009; Kanuka, 2008). In this context, only two teachers in two different medical schools used educational software. None of the 14 teachers reported using another approach while teaching pharmacology. In addition, none of the students reported the use of educational software.

In the present study, an interesting result was the use of the multimedia projector among Rio de Janeiro's pharmacology teachers. All of the respondent teachers reported that it was the main resource used. The multimedia projector was designed to be used for multimedia presentations. This tool allows for teaching in more than one form and combines the use of text, audio, graphics, full-motion video, show animations, simulations, and detailed images, among others. This important tool has also been used in

the medical schools in the state of Rio de Janeiro exclusively as a high-definition transparency or slide projector to present static images. In a previous study, a meta-analysis of 26 primary studies, which yielded 76 pair-wise comparisons of the dynamic and static visualizations, revealed a medium-sized, overall advantage of instructional animations over static pictures (Höffler & Leutner, 2007). In this context, the current pharmacology education practices in the Rio de Janeiro medical schools are in opposition to the contemporary theories of cognitive load and multimedia learning, resulting in negative practical implications for instructional design.

In the present study, we acknowledged that the activities that take place in the laboratory are rarely used while teaching pharmacology. More than half of the medical schools have not provided these classes to their students during their pharmacology course, which indicates that laboratory animals are not used. This finding is relevant because in Brazil and other countries, ethical considerations exist that are related to the use of animals that pose a number of restrictions. In addition, it is possible that other factors are related to the absent of laboratory practices, including low levels of teacher motivation, and an absence of general support to perform practical classes. Even so, there is no trend to replace these laboratory pharmacological practices with animals at the schools that do not offer these kinds of activities. For instance, there are a number of reports that show that there are learning advantages to simulations practices and other computer-based approaches (de Boo & Hendriksen, 2005; Höffler & Leutner, 2007; Van, et al., 1999; Via, Kyle, Trask, Shields, & Mongan, 2004) when these practices are not possible.

Brazil is currently concerned with the quality of undergraduate teaching, which is directly related to the pedagogical competence of its teachers. It is important to consider the pedagogical preparation that is given to teachers because it is one of the essential aspects in teaching-learning dynamics. Higher education teachers, especially medical teachers, are often considered to be specialists in his or her discipline and in his or her knowledge field. This level of expertise is essential for admission to the medical school staff. However, not all professors at medical schools have the basic pedagogical knowledge to provide effective teaching and to facilitate learning in the classroom, as was observed in the pharmacology departments of the medical schools in the state of Rio de Janeiro. Medical professors are extremely well trained in their respective research fields but have very little or no formal teacher training (Houlihan, Fraser, Fenwick, Fish, & Moeller, 2009). This lack of training could be an important cause for the poor motivational status of the medical students. Presently, graduate courses have included training in pedagogical approaches at the master and doctoral levels to better prepare future teachers. Graduate students now have to complete teaching activities as a requisite to completing their courses. This strategy to increase the competency of teachers began when significant growth was observed in the number of students in the graduate courses. The data, however, have shown that there has been no improvement in the pedagogical competences of the pharmacology educators of the medical schools in the state of Rio de Janeiro.

As an important part of interdisciplinary, medical education in conventional medicine, improvements in the breadth of pharmacology knowledge and in the teaching practices for this topic are essential. Future physicians and professionals in all health

careers must be given a solid pharmacology education foundation, upon which they can build their knowledge and practices.

Funding: none.

Conflicts of interests: none.

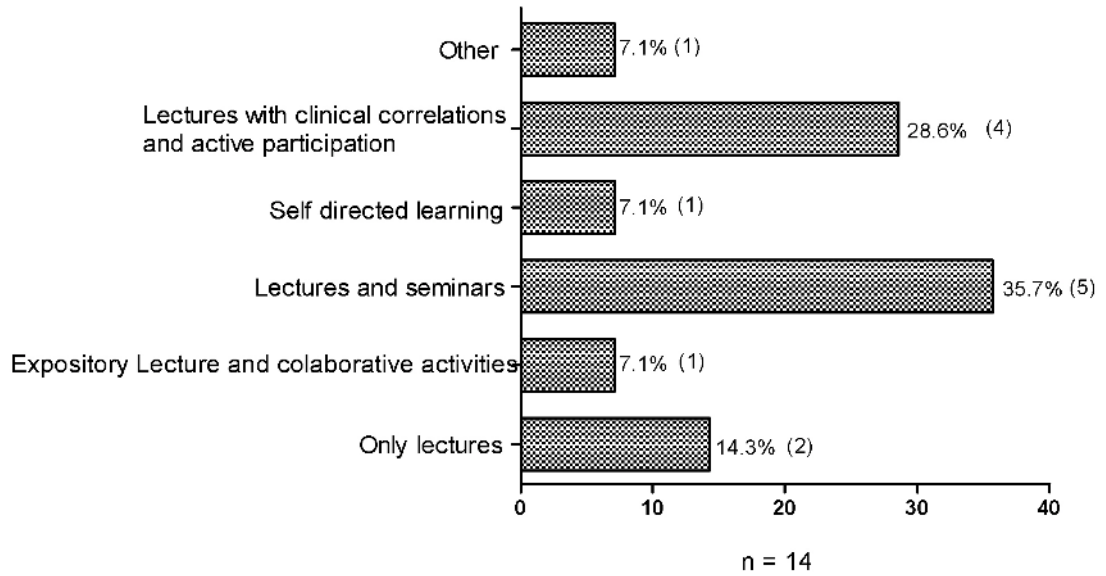
References

- Achike, F. I., & Ogle, C. W. (2000). Information overload in the teaching of pharmacology. *J.Clin.Pharmacol.*, 40(2), 177-183.
- Antepohl, W., & Herzig, S. (1999). Problem-based learning versus lecture-based learning in a course of basic pharmacology: a controlled, randomized study. *Med.Educ.*, 33(2), 106-113.
- Barker, K. N., Flynn, E. A., Pepper, G. A., Bates, D. W., & Mikeal, R. L. (2002). Medication errors observed in 36 health care facilities. *Arch.Intern.Med.*, 162(16), 1897-1903.
- Bates, D. W., Makary, M. A., Teich, J. M., Pedraza, L., Ma'luf, N. M., Burstin, H., & Brennan, T. A. (1998). Asking residents about adverse events in a computer dialogue: how accurate are they? *Jt.Comm J.Qual.Improv.*, 24(4), 197-202.
- Beran, T., & Violato, C. (2009). Student Ratings of Teaching Effectiveness: Student Engagement and Course Characteristics. *Canadian Journal of Higher Education*, 39(1), 1-13.
- British Pharmacological, S., & Physiological, S. (2006). Tackling the need to teach integrative pharmacology and physiology: problems and ways forward. *Trends Pharmacol.Sci*, 27(3), 130-133.
- Cain, J., Esther, P., & Rohr, J. (2009). An Audience Response System Strategy to Improve Student Motivation, Attention, and Feedback. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 73(2), 1-7.
- Cruciol-Souza, J. M., & Thomson, J. C. (2006a). A pharmacoepidemiologic study of drug interactions in a Brazilian teaching hospital. *Clinics.*, 61(6), 515-520.
- Cruciol-Souza, J. M., & Thomson, J. C. (2006b). Prevalence of potential drug-drug interactions and its associated factors in a Brazilian teaching hospital. *J.Pharm.Pharm.Sci.*, 9(3), 427-433.
- Cruciol-Souza, J. M., Thomson, J. C., & Catisti, D. G. (2008). Evaluation of prescription data of a brazilian teaching hospital. *Revista Brasileira de Educaçao M,dica*, 32(2), 188-196.
- de Boo, J., & Hendriksen, C. (2005). Reduction strategies in animal research: a review of scientific approaches at the intra-experimental, supra-experimental and extra-experimental levels. *Altern.Lab Anim*, 33(4), 369-377.
- Faingold, C. L., & Dunaway, G. A. (2002). Teaching pharmacology within a multidisciplinary organ system-based medical curriculum. *Naunyn Schmiedebergs Arch.Pharmacol.*, 366(1), 18-25.
- Franson, K. L., Dubois, E. A., van Gerven, J. M., & Cohen, A. F. (2007). Development of visual pharmacology education across an integrated medical school curriculum. *J.Vis.Commun.Med.*, 30(4), 156-161.

- Gray, J. D., Danoff, D., & Shepherd, A. M. (2007). Clinical pharmacology education: looking into the future. *Clin.Pharmacol.Ther.*, 81(2), 305-308.
- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722-738.
- Houlihan, M., Fraser, I., Fenwick, K. D., Fish, T., & Moeller, C. (2009). Personality Effects on Teaching Anxiety and Teaching Strategies in University Professors. *Canadian Journal of Higher Education*, 39(1), 61-72.
- Hughes, E. (2002). Computer-based learning--an aid to successful teaching of pharmacology? *Naunyn Schmiedebergs Arch.Pharmacol.*, 366(1), 77-82.
- Hughes, I. (2002). Employment and employability for pharmacology graduates. *Nat.Rev.Drug Discov.*, 1(10), 833.
- Hughes, I. (2003). Teaching Pharmacology in 2010--new knowledge, new tools, new attitudes. *Nippon Yakurigaku Zasshi*, 122(5), 411-418.
- Kanuka, H. (2008). Has e-Learning Delivered on its Promises? Expert Opinion on the Impact of e-Learning in Higher Education. *Canadian Journal of Higher Education*, 38(1), 45-65.
- Kwan, C. Y. (2002). Problem-based learning and teaching of medical pharmacology. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 366(1), 10-17.
- Kwan, C. Y. (2004). Learning of medical pharmacology via innovation: a personal experience at McMaster and in Asia. *Acta Pharmacol.Sin.*, 25(9), 1186-1194.
- Lander, B., Hanley, G. E., & Atkinson-Grosjean, J. (2010). Clinician-scientists in Canada: barriers to career entry and progress. *PLoS One*, 5(10).
- Lazarou, J., Pomeranz, B. H., & Corey, P. N. (1998). Incidence of adverse drug reactions in hospitalized patients: a meta-analysis of prospective studies. *JAMA*, 279(15), 1200-1205.
- Lertora, J. J., & Atkinson, A. J., Jr. (2007). Clinical pharmacology education and training at the National Institutes of Health. *Clin.Pharmacol.Ther.*, 81(6), 907-909.
- Likic, R., & Maxwell, S. R. (2009). Prevention of medication errors: teaching and training. *Br J.Clin.Pharmacol.*, 67(6), 656-661.
- Lubawy, W., & Brandt, B. (2002). A variable structure, less resource intensive modification of problem-based learning for pharmacology instruction to health science students. *Naunyn Schmiedebergs Arch.Pharmacol.*, 366(1), 48-57.
- Lymn, J., Bath-Hextall, F., & Wharrad, H. (2008). Pharmacology education for nurse prescribing students - a lesson in reusable learning objects. *BMC Nursing*, 7(1), 2.
- Marin-Campos, Y., Mendoza-Morales, L., & Navarro-Hernandez, J. A. (2004). Students' assessment of problems in a problem-based learning pharmacology course. *Adv.Health Sci.Educ.Theory.Pract.*, 9(4), 299-307.
- McCowan, T. (2005). The growth of private higher education in Brazil: Implications for equity and quality. *Jornal of Education Policy*, 19(4), 453-472.
- Passarelli, M. C., Jacob-Filho, W., & Figueiras, A. (2005). Adverse drug reactions in an elderly hospitalised population: inappropriate prescription is leading cause. *Drugs Aging*, 22(9), 767-777.
- Rapkiewicz, J. C., Trebien, H. A., & Boerngen-Lacerda, R. (2006). Solicitação de Informação ao Centro de Informação sobre Medicamentos do Conselho Regional de Farmácia do Paraná (CIM/CRF-PR): Problema de Formaçaõ ou de Informaçãõ? *Anais de Reuniao Anual da Federaçaõ de Sociedades de Biologia Experimental*.

- Tobaiqy, M., McLay, J., & Ross, S. (2007). Foundation year 1 doctors and clinical pharmacology and therapeutics teaching. A retrospective view in light of experience. *Br J.Clin.Pharmacol.*, 64(3), 363-372.
- Van, d. V., Dewhurst, D., Hughes, I., Atkinson, J., Balcombe, J., Braun, H., Gabrielson, K., Gruber, F., Miles, J., Nab, J., Nardi, J., van, W. H., Zinko, U., & Zurlo, J. (1999). Alternatives to the Use of Animals in Higher Education: The Report and Recommendations of ECVAM (European Centre for the Validation of Alternate Methods) Workshop 33. *Altern.Lab Anim*, 27(1), 39-52.
- Via, D. K., Kyle, R. R., Trask, J. D., Shields, C. H., & Mongan, P. D. (2004). Using high-fidelity patient simulation and an advanced distance education network to teach pharmacology to second-year medical students. *J.Clin.Anesth.*, 16(2), 144-151.
- Wheeler, D. W., Remoundos, D. D., Whittlestone, K. D., Palmer, M. I., Wheeler, S. J., Ringrose, T. R., & Menon, D. K. (2004). Doctors' confusion over ratios and percentages in drug solutions: the case for standard labelling. *J.R.Soc.Med.*, 97(8), 380-383.
- Wheeler, S. J., & Wheeler, D. W. (2005). Medication errors in anaesthesia and critical care. *Anaesthesia*, 60(3), 257-273.
- Zellner, K., Boerst, C., & Semling, K. (2003). Teaching separate versus integrated pharmacology content. *West J.Nurs.Res.*, 25(3), 338-348.

Figure 1. All of the teaching strategies practiced by the pharmacology teachers in the medical schools in the state of Rio de Janeiro. The absolute values are presented by numbers in parentheses.



Tables

Table 1. Analyzed information from the medical schools and the pharmacology teachers

Staff characteristics

- Teacher's basic education
- Teacher's graduate level
- Teacher's total working time
- Teacher's other occupation(s)
- Number of pharmacology teachers per medical school

Pharmacology content and general organization

- Number of pharmacology related subjects (ex., basic and clinical pharmacology)
- Pharmacology curriculum
- Textbook adopted

Teacher's perceptions, experiences, and ideas

- Level of difficulty compared with other medical subjects (to teach and learn)
- Knowledge's dependency on other medical subjects
- Overall students' performance (approval and abandon)

Common practices and resources

- Learning approaches (lectures, seminars, tutorials, and self-directed study, among others)
 - Pedagogical orientation
 - Whether students are motivated to search for other sources of information (scientific papers and websites, among others)
 - Laboratory practical classes (use of animals or no use of animals)
 - Availability of textbooks and other references in the medical school library
 - Computer use and Internet access provided by medical school
 - Pedagogical resources (blackboard, smart board, multimedia projector, and slide projector, among others)
 - Use of educational software as a pedagogical tool
-

Table 2. Analyzed information from the medical students (n = 89 students)

1. Students' perceptions concerning pharmacology content, pedagogical preferences, and grades.

- *Motivation and satisfaction during pharmacology classes (Likert Scale, 0 – 3)*

- *During pharmacology classes, do you prefer:*

1. *A traditional expository lecture. The teacher presents all of the pharmacology content. (passive learning)*

2. *The pharmacology content is presented through problems and tests in a clinical context. The expository lecture is not performed.*

3. *The pharmacology content is presented through problems and tests in a clinical context and then, the teacher presents the content with an expository lecture.*

4. *Other (please explain)*

- *What pharmacology textbook did you use?*

- *What do you think about use of computers and educational software as a tool to facilitate teaching and learning in pharmacology?*

- *Comparative pharmacology's level of importance with the other medical subjects (Likert Scale, 0 – 3)*

- *Did you use textbooks of a different subject to study pharmacology? (e.g., Biochemistry, physiology, chemistry, and others)*

- *Final grades (A, B, C, or D)*

2. Common practices and resources

- *Learning approaches (lectures, seminars, tutorials, and self-directed study, among others)*

- *Usage of clinical examples during classes (Likert Scale, 0 – 3)*

- *Pedagogical resources (blackboard, smart board, multimedia projector, and slide projector, among others)*

- *An interdisciplinary approach to teaching was used (Likert Scale, 0 – 3)*

- *Textbook adopted*

- *Laboratory practical classes (use of animals or no use of animals)*

- *Students' assessments (written tests, oral tests, seminars, projects, and self-assessments, among others)*

Table 3. General Descriptive data (Staff analysis, pharmacology content, and general organization) - (Lattes Platform) n=67

| | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|-------------|---------------|-------------|-----------|------------|-------|----------|
| Total number of pharmacology teachers (for all of the medical schools studied) | 67 | | | | | | | | |
| Undergraduate | <table border="1"> <tr> <td>Medical doctor</td> <td>42 (62.69%)</td> </tr> <tr> <td>Pharmacist</td> <td>12 (17.9%)</td> </tr> <tr> <td>Biologist</td> <td>9 (13.41%)</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>4 (6.0%)</td> </tr> </table> | Medical doctor | 42 (62.69%) | Pharmacist | 12 (17.9%) | Biologist | 9 (13.41%) | Other | 4 (6.0%) |
| Medical doctor | 42 (62.69%) | | | | | | | | |
| Pharmacist | 12 (17.9%) | | | | | | | | |
| Biologist | 9 (13.41%) | | | | | | | | |
| Other | 4 (6.0%) | | | | | | | | |
| Graduate | <table border="1"> <tr> <td>PhD</td> <td>49 (73.13%)</td> </tr> <tr> <td>Master Degree</td> <td>10 (14.93%)</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>8 (11.94%)</td> </tr> </table> | PhD | 49 (73.13%) | Master Degree | 10 (14.93%) | Other | 8 (11.94%) | | |
| PhD | 49 (73.13%) | | | | | | | | |
| Master Degree | 10 (14.93%) | | | | | | | | |
| Other | 8 (11.94%) | | | | | | | | |
| Pharmacology Credit Hours (total) | Median, 144 hours (min, 36 hours; max, 180 hours) | | | | | | | | |

4.3 ARTIGO 3

A importância da prática docente interdisciplinar e a sua relação com a formação dos professores atuantes no ensino médio e superior foi analisada a partir da coleta de dados por meio de questionários e entrevistas com professores de diversas formações e atuações no município do Rio de Janeiro e área metropolitana. O questionário inicial buscou coletar e analisar as percepções dos professores sobre o tema. Em um segundo momento alguns professores foram solicitados a prepararem um plano de ensino sob a perspectiva interdisciplinar.

Este estudo preliminar foi relevante no sentido de tornar possível o conhecimento sobre as práticas interdisciplinares regionais e a correlação com os dados da literatura disponíveis.

Perceptions and Applications of Interdisciplinarity by High School Teachers in Rio de Janeiro - Brazil

Fidalgo-Neto, A.A.¹; Marsden, M.¹; Magalhães, J.L.C.²; Lopes, R.M.¹ e Alves, L.A.^{1*}

¹Laboratório de Comunicação Celular, Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz;

²Colégio Estadual Nuta Bartlet James, Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro.

*Correspondent Author; Laboratório de Comunicação Celular, Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil. Av. Brasil, 4365 – Manguinhos, 21045-900, Rio de Janeiro, Brasil - FAX: (55) (21) 2280-1589 e-mail - alveslaa@gmail.com

Perceptions and Applications of Interdisciplinarity by High School Teachers in Rio de Janeiro - Brazil

Abstract

This study aimed to analyze teachers' perception concerning interdisciplinarity as well as its importance in Rio de Janeiro/Brazil. All the data concerning teachers' perceptions were confronted with teaching plans made by the teachers (a subgroup; n=15) in an interdisciplinary basis, and that all the teachers enrolled (n=77) claimed to have a solid knowledge of interdisciplinary themes. Almost 60% of the teachers stated that they currently integrate interdisciplinary practices in their classes. None of the teaching plans filled all criteria previously established for interdisciplinarity. In conclusion, we could observe that theory and practice of interdisciplinarity are still far removed from classrooms.

Keywords: Interdisciplinarity, High School, Public Schools, Rio de Janeiro.

1. Introduction

Interdisciplinarity is a polysemous term. Many authors have proposed different classifications to distinguish it from ‘multidisciplinarity’, ‘pluridisciplinarity’ and ‘transdisciplinarity’ (Japiassu, 1976; Klein, 1990; Lattuca, 2001; Nikitina, 2006; Nissani, 1997; OECD, 1972). The differences are based on the way disciplines interact in a curriculum, how closely they bond and what is produced as the result of this bonding (Japiassu, 1976; Klein, 1990; Lattuca, 2001; Nikitina, 2006; Nissani, 1997; OECD, 1972).

According to (Japiassu, 1976; Nikitina, 2006; Nissani, 1997), interdisciplinarity is best seen as bringing together distinctive components of two or more disciplines. We consider an interdisciplinary activity to be a process of exchange and cooperation between knowledge, theory and the research methods adopted by disciplines, overcoming simple juxtaposition of subjects.

In Brazil, the concept of interdisciplinary practice is included in the National Curriculum Guidelines for high school. In the opinion of the National Education Council and the Board of Basic Education (Brasil, 1998), interdisciplinarity assumes the existence of an axis of integration that can be the object of knowledge, a research project or an intervention plan, to be implemented within the framework of education. Thus, interdisciplinarity overcomes the juxtaposition of disciplines without diluting them into generalities (Brasil, 1998).

In 2009, the Brazil’s Ministry of Education (MEC) proposed a program entitled "Innovative High School". The program seeks to provide support for curricular

innovations for high school education in Brazilian public schools. The goal is to search for interdisciplinary articulation focused on the development of knowledge by integrating activities and developing relationships between the constituent axes of high school, which are determined by the program as “work, science, technology and culture” (MEC, 2009a). However, the results of a study entitled "Teachers in Brazil: difficulties and challenges" (Gatti & Barreto, 2009) launched by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) shows that much of the more than two million one hundred thousand teachers of primary and secondary education in Brazil face two major problems: low wages and poor training. This suggests that the development of better wage policy is not enough to ensure education quality, since teacher training does not provide satisfactory quality, presenting a curriculum that is not related to professional practice (Gatti & Barreto, 2009).

A consistent curriculum proposal organization, including a combined interdisciplinary perspective focused on knowledge development through information, skills, values and practices, is crucial for the advancement of Brazilian education. Therefore, among other things, political commitment and the technical competence of teachers are necessary factors for success. In this context, this article presents and discusses the results of a survey on perceptions of faculty members from various backgrounds and levels of education, focusing the high school, concerning the importance of interdisciplinary practice. In addition, we sought to understand aspects related to the teacher’s training on the implementation of these practices, including their opinions on the conditions that their institutions offer for applying an interdisciplinary curriculum.

2. Material and methods

2.1. Participants

Seventy seven teachers from high schools in Rio de Janeiro and its metropolitan area participated as volunteers completing a questionnaire with closed questions on "interdisciplinarity."

2.2. Questionnaire

The questionnaire was designed based on review of the literature (Augusto, Caldeira, Caluzi, & Nardi, 2004; Nikitina, 2006; Nissani, 1997) and examined at a pilot trial. On interdisciplinary aspects, in general, we sought the following information: a) knowledge of issue (concepts, definitions etc); b) details of initial or continued training of these professionals, specifically if there was interdisciplinary training at any level of their education; c) teachers' opinions on the importance of interdisciplinarity in teaching practices; d) aspects related to the pedagogical and academic environment to facilitate the construction of interdisciplinary activities; e) the existence and frequency of interdisciplinary practices in their institutions.

2.3. Quantitative and qualitative analysis

Compiling subjective data and perception through the previously answered questionnaire, we quantitatively and qualitatively analyzed lessons plan prepared by teachers chosen at random. We asked 15 out of 77 participating teachers to construct a teaching strategy with an interdisciplinary basis. This should involve his or her discipline in a theme freely chosen by each teacher.

We adopted the following criteria in evaluating the documents (lessons plans): 1) objectives to be achieved; 2) disciplines involved, correlated with the number of teachers involved in the planning and development activities in the classroom; 3) the teaching strategy or methodology adopted and 4) the learning process assessment.

2.4. Statistical Analysis

The averages, deviations, medians, chi-square and the construction of graphs were performed using GraphPad Prism version 5.00 for Windows, GraphPad Software, San Diego California USA (www.graphpad.com). Results were considered significant when $p < 0.05$.

2.5. Ethical aspects

All subjects participating in this study were volunteers and signed an informed consent document.

3. Results

3.1. Questionnaire analysis

Data on training, occupation and socio-economic parameters were required for the initial part of the study. The faculty participants had different levels of training and were working at high school level. Detailed data obtained in the early part of the questionnaire are presented in Table 1.

The second part of the questionnaire sought to evaluate the teachers' perceptions on interdisciplinarity. When asked if they understood what interdisciplinarity is, all teachers answered yes. From the total number of teachers who answered positively, 6

replied saying that they had little knowledge about the issue, whereas 45 teachers reported having a good knowledge, and 26 responded they had very good knowledge on the subject (Figure 1).

Figure 2 shows the results of teachers' answers when asked about their initial training. Twenty-eight teachers said they did not have interdisciplinary training during their undergraduate studies, and 49 said they had had such training. Considering the 49 teachers, 18 considered that they had had a poor training regarding interdisciplinary aspects. Moreover, 26 teachers said they had good training, and 5 others, a very good training (Figure 2). A more detailed analysis, with data crossing from the highest level of training (higher degrees) and interdisciplinary training during the period, showed that teachers with higher degrees (graduate) had more interdisciplinary practices (Chi-square, $p = 0.0013$) (Figure 3).

All participants felt that interdisciplinary education is an important pedagogical practice in the educational context (Figure 4). Sixty-three teachers believed that to teach and develop activities under the interdisciplinary concept are very important.

Figures 5 and 6 show teachers' answers about the institutions in which they performed their professional activities. Figure 5 shows the teachers' views on the influence of organization and academic space on the development of an interdisciplinary teaching. Twenty-seven teachers considered that organization and academic environment do not facilitate interdisciplinary practice. Moreover, 41 considered the same factors facilitate very little.

Figure 6 shows the responses of teachers on the existence and frequency of interdisciplinary developmental practices in the institutions where they teach. Six

teachers answered that there was no interdisciplinary practice, and 3 stated that such practices are very common. For 68, interdisciplinarity was not a priority (37 teachers) or a small priority (31 teachers) in their institutions.

When asked if they use interdisciplinary practice when they taught classes, 46 teachers answered yes and 31 answered that they did not (Figure 7). These results are inconsistent with the lesson plans developed by these high school teachers, which do not show evidence of knowledge or existence of interdisciplinary practices in daily school life (table 2).

3.2. Quali-quantitative analysis

The 15 lesson plans developed by teachers were compiled and analyzed according to criteria previously described. The compilation is presented in Table 2.

The evaluation of the submitted plans shows that 11 teachers did not determine the learning objectives, only 2 contained the presence of more than one teacher in the development of the proposed class (Table 2 - doc 8 e 12). It is clear that interdisciplinary activities, when present, are developed by individual teachers, possibly by their own initiative, without any evidence of incentives or encouragement from institutional academic policies. (Figure 6 and 7).

Two others lesson plans (Table 2 – doc 4 e 5) had no strategies or teaching methods that would be adopted, and only documents 1 and 2 presented procedures for assessing student learning.

4. Discussion

According to the Brazilian Academy of Science, the social, technological and scientific development of the country is related with a reform of the educational structure. To do so, it is essential to improve primary and secondary education quality – especially science teaching – and restructure university courses, in order to promote interdisciplinarity with flexible curriculums that enrich students' scientific (Chaves et al., 2004; Hamburger et al., 2007).

The explosion of knowledge requires an approach to issues and problems that favors interdisciplinarity by means of curricular flexibility. However, the interdisciplinary paradigm and contextualization of school knowledge are still poorly prevalent in the Brazilian educational system. Nowadays, it is essential to work effectively as a team to solve problems in different contexts using critical thinking and analyzing and synthesizing information. However, there is little evidence that current educational systems are adequately fulfilling these goals (Harper, Hedberg, & Wright, 2000).

The data obtained with the questionnaires points out this need for changes in teachers' training. It is noteworthy that 31 professionals considered that they had had poor training or did not have any knowledge about interdisciplinary education in their respective undergraduate studies. Even so, a total of 61 teachers said they knew well or very well the meaning of interdisciplinary education. (Figures 1 and 2).

Teacher training is an important factor because a good quality course for these professionals is essential to enable the implementation of teaching and learning practices within an interdisciplinary perspective in high schools. Teachers can be educated to

effectively overcome the traditional disciplinarian approach in schools, which generally fragments knowledge and does not allow contextualization.

Furthermore, we observed that graduate courses in some way promote interdisciplinary studies more than undergraduate courses (Figure 3), though this possibility is a seemingly paradox because this level of training is closely related to the specialties and disciplines. In this context, it is likely that interdisciplinarity is the result of increased political and academic demand intrinsic to graduation, forcing the teachers to seek more knowledge integration in order to comply with academic obligations. Limitations of this study make it not possible, however, to explore a deeper analysis on this subject. Thus, we believe that further studies are necessary to elucidate this result, especially because it is a potential solution to interdisciplinary teacher training.

On the other hand, the development of more flexible undergraduate curriculums is important to enable students' interdisciplinary education. This way, students can reorient their education during the university course if necessary and at the same time be a professional with a solid scientific basis capable of overpassing traditional disciplinary barriers, becoming a more complete professional in resolving ever more thematic and less disciplinary career problems. The Brazilian Academy of Science believes that interdisciplinary education can be more easily achieved with short learning cycle courses. This can be accomplished by a maximum two year Basic Cycle, followed by a Professional Cycle. Similar model is already adopted in Europe and USA. The Brazilian Academy of Science institution suggests that the Basic Cycle should be divided in three major areas: Basic Sciences and Engineer; Life Sciences; and Arts, Humanities and Social Studies (Chaves, et al., 2004).

Philippe Perrenoud points to some important issues that should be addressed in teacher training (Perrenoud & Thurler, 2002), between which a central problem is the fact that a large part of disciplinary knowledge (biological sciences, physics, history, chemistry, mathematics, among others) is acquired prior to teacher training or is not focused on during training. Therefore, there is a distancing of knowledge between the teachers' skill development and their ability to develop effective strategies for teaching their future students. Another teacher education problem is the fact that many of the experts responsible for creating training courses for teachers believe that the proper domain of disciplinary knowledge overcomes the importance of didactic or pedagogical knowledge. Moreover, there is a large gap between what is prescribed in the training courses and the reality of the profession.

An alternative to improve teachers' training to work in primary and secondary education is to build a curriculum in which students – the future teachers – may be faced with situations closer to what they will encounter in their future activities. This includes the early participation in real educational settings with the supervision of experienced teachers in different contexts and schools. Thus, the training of teachers within an interdisciplinary perspective since the beginning of his or hers professional education might favor the implementation of these practices when they come to perform their professional activities.

Examples of Brazilian universities that are already working in this scenario are the School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo (EACH/USP) that have, among others, a degree for teachers in Natural Sciences. EACH has an academic project characterized by having a one-year basic cycle, which seeks to articulate specific

disciplines and interdisciplinary areas with scientific, cultural and professional formation through projects and problem solving (Araújo & Arantes, 2009).

In our survey, there was no teacher among the 77 participants who asserted that interdisciplinarity is not important, only 14 argued that it is not very important. However, for 63 teachers interdisciplinarity is a very important teaching practice (Figure 4). Even after many years of academic discussion in this topic, the results of this study indicate deviations that go from the simple meaning of the word "interdisciplinary" to its application in the classroom. We can identify an inconsistency when analyzing and comparing the results discussed thus far with the data presented in Figures 5 and 6. These figures show an analysis of the organizational aspects of academic space, and the existence of effective practices and interdisciplinary activities in the institutions where these professionals work. Only one teacher consider that his school provide a very good environment and an organization that favor interdisciplinarity, and only three teachers said that their schools develop interdisciplinary teaching practices very often.

Though all teachers stated that interdisciplinarity is important and the vast majority of practitioners said that they know the meaning of this term, schools do not provide favorable conditions for the implementation of interdisciplinary practices in their curricula. Lam, Cheng, & Choy (2010) have pointed out that the way teachers perceive the school influences their motivation to implement and persist to use new teaching strategy and educational innovations. In that way, schools that are stronger in collegiality and more supportive of practitioners' competence and autonomy are more likely to consolidate new teaching strategies.

Through the questionnaire, some teachers answered that incentives to interdisciplinary practice in school, when implemented, mainly originate from the teacher's own individual efforts or from a colleague. Interdisciplinary practice is slightly encouraged by the schools' direction and coordinators. Another interesting finding is that although most professionals believe in the importance of interdisciplinarity, only three respondents think there is enough information on the subject. Of those contributors, 12 said they did not have enough information, and 27 said that there is little information on the subject.

The information shown in Figures 5 and 6 agree with a study of teachers of nature sciences from São Paulo's public schools (Augusto, et al., 2004). The study highlights the main difficulties experienced by those teachers in the implementation of interdisciplinary practices in their institutions, namely: a) lack of time and difficulty to hold meetings on pedagogical planning; b) lack of sources for research on the topic of "interdisciplinarity"; c) lack of material resources or adequate physical spaces in schools; d) the difficulties of relationship and interaction with the school administration; e) the absence of pedagogic coordination; and f) students' indifference and a lack of discipline. In this sense, we agree with these authors who state that although there is difficulty in developing interdisciplinary projects, it is not uncommon for teachers to use many unfounded excuses for not updating the knowledge on scientific methods and to develop more efficiently their teaching activities.

Another contradictory result can be seen in relation to the teachers' performances in the pursuit of interdisciplinary lessons at their respective disciplines. Figure 7 shows that 46 teachers, out of the 77 that took part on this study, prepared interdisciplinary

activities to develop their lessons, compared to the remaining 31 teachers who said they did not. However, an inconsistency is highlighted when we compare these results with those presented in Figure 6, which shows that only three teachers answered that interdisciplinary education was very common in their educational institutions.

Table 2, which presents a summary of the lesson plans of fifteen teachers, indicates that in general, teachers persist in the idea of working alone in the development of interdisciplinary practices. Only the teachers who developed lesson plans 8 and 12 (Themes: "Industrial Revolution" and "Comparative Study of Culture in English Speaking Countries") involved more than one teacher in their project. Although we admit that many teachers have the competence to conduct classes that address specific knowledge of different areas, we advocate dialogue and effective working between teachers from different areas (disciplines) to build interdisciplinary lessons. Cooperative work tends to increase classroom potential in an interdisciplinary perspective (Alves, Silva-Filho, & Lopes, 2009). Besides, knowledge, skills and professional competence of others tends to create better conditions for the student's learning. Even so, it is not uncommon to find teachers' resistance to working with peers. Although isolated activities of some teachers have pedagogical value, it is noteworthy that for an interdisciplinary project to work at a school, it is central to have the engagement of a number of teachers (Schmidt, Fonseca, & Alves, 2005), because it does require, among other issues, regular meetings for planning, implementing and evaluating.

Another key issue that needs to be considered concerns the relationship between educational objectives and the assessment of learning. Only four teachers were careful to determine learning objectives while planning for their classes (Documents 1, 2, 5 and 13).

However, only the first two also covered the evaluation procedures. The planning of teaching strategies in the search for an interdisciplinary practice should be conducted to clearly define learning objectives. Focusing on the goals that must be achieved (conceptual, procedural and attitudinal), the teacher prepares instruments and procedures for appropriate evaluation of student learning.

Two teachers, who were responsible for class documents 4 and 5, did not describe the strategies that they would adopt to develop their lessons. Three professors explicitly adopted lectures in a traditional way for their classes (documents 9, 11 and 15).

Brazil's Ministry of Education (MEC) states that interdisciplinarity should be implemented due to a necessity in the school environment felt by the actors, *i.e.* principals, teachers and students. In this context, as mentioned, the MEC suggests processes such as project development for the construction of interdisciplinary work in the school environment (Brasil, 1998). However, only two of the teachers that elaborated lesson plans adopted strategies that could be related to "Project-Based Learning" or "Problem-Based Learning", which facilitate an interdisciplinary approach and allows a positive effect on students' skills development (Dochy, Segers, Van den Bossche, & Gijbels, 2003; Lam, Cheng, & Choy, 2010; Savery, 2006). The themes chosen for these lessons were: "The Senses of the Human Body" and "Nanotechnology".

There is extensive literature available on these teaching methodologies for Higher Education (Hmelo-Silver, 2004; Mamede & Penaforte, 2001; Rikers & Brum, 2006). However, in Brazil, these practices are still incipient, and a more dramatic scenario is observed in the employment of these methodologies at regular high school and professional secondary education level. In addition, a study by Silva-Filho and colleagues

shows the lack of specific publications in Portuguese, or from Brazilian researchers, on the use of the Problem-Based Learning (PBL) application and the training of teachers to employ it in primary and secondary education in Brazil (Silva-Filho, Lopes, Alves, & Figueiredo, 2010). This is a relevant finding because as more material is made available and easily accessible on these methodologies, the greater the probability that education professionals will be empowered to implement teaching strategies that are efficient for the development of interdisciplinary programs in schools and universities.

Brazil's Ministry of Education recently released two important parameters for assessing the quality of primary and secondary education in Brazil, both developed in 2009. These are the Index of Basic Education Development (IDEB) and the National Secondary Education Examination (ENEM), available at the portal of the National Institute of Educational Studies and Research Anísio Teixeira (INEP). The results of IDEB and ENEM can be also found respectively at the following Web Pages, <http://portalideb.inep.gov.br> and <http://www.enem.inep.gov.br>.

The IDEB data, released on a scale from zero to ten, shows that private and public high school had a modest increase in the national average, namely 3.5 in 2007 to 3.6 in 2009. However, considering only the public school system of Rio de Janeiro, the Ideb observed was of only 2.8 (whereas the average private system is 5.6). The results from the ENEM need to be evaluated with caution because the survey is not obligatory and therefore is not performed by all students. However, those results confirm the large difference in quality between public and private education. Because this article deals with a case study in public schools in Rio de Janeiro, it is important to point out the fact that among the 50 schools that were in last place in the ENEM, 49 are under state

administration, which in Brazil is juristically the main responsible for secondary education (primary education is assigned to municipal administration and the universities are majorly under federal responsibility). Moreover, among the top 50, 42 belong to the private network, eight institutions are federally funded, and one school is funded by the state.

The favorable results obtained by such institutions in the 2009 ENEM correspond with some of the observations in this study. Initially, ENEM has an interdisciplinary character and background that seeks to measure a student's ability to master languages, to understand phenomena through the application of concepts from different areas of knowledge, to deal with problem situations, to construct consistent arguments and elaborate proposals for intervention in reality (MEC, 2009b) Therefore, one would expect better results from students whose education is based in teaching practices that favor the development of these skills.

Moreover, public institutions that are better ranked in the ENEM are linked to public universities or are few of the schools under federal administration existent in the country. One of the main reasons for their upper position can be associated to the faculty members' qualifications. On average, these professionals have higher degrees (masters and PhDs are a condition to be hired at these institutions) than the vast majority of public schools in primary and secondary education. Moreover, the "Educational (or Pedagogical) Guidance Services" in those schools are more active. This context confirms our findings on teachers' training and their interdisciplinary experiences, suggesting that further qualification facilitates the implementation of interdisciplinary teaching practices, at least in high school.

5. Conclusion

This study showed that interdisciplinary practices in high schools in Rio de Janeiro-Brazil are not frequent, even with the majority of teachers indicating that its use is important and must be recommended and encouraged by Brazil's Ministry of Education. We were able to verify that teachers realize there are deficiencies in school's organizational structure and that they have little support of the school management board to develop such practices. On the other hand, we found out dearth on teachers abilities to develop interdisciplinary lesson plans.

We believe that active methodologies – such as Problem-Based Learning, Project-Based Learning and Investigative Case Based Learning – are crucial for interdisciplinary practices. By making these methodologies more present in graduate programs that qualify high school teachers, there is a great potential of enhancing the implementation of interdisciplinary practices in Brazil. In addition, the continuing education of these professionals is essential through graduation programs.

References

- Alves, N. G., Silva-Filho, M. V. S., & Lopes, R. M. (2009). Interdisciplinaridade no ensino técnico: um caminho possível. *Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio.*, 3, 179-195.
- Araújo, U. F., & Arantes, V. A. (2009). Comunidade, conhecimento e resolução de problemas: o projeto acadêmico da USP Leste. In U. F. Araújo & G. Sastre (Eds.), *Aprendizagem Baseada em Problemas*. (Vol. 1, pp. 101-121). São Paulo: Summus. (Reprinted from: NOT IN FILE).
- Augusto, T. G. S., Caldeira, A. M. A., Caluzi, J. J., & Nardi, R. (2004). Interdisciplinaridade: Concepções de professores da área das ciências da natureza em formação em serviço. *Ciência e Educação*, 10(2), 277-289.
- Brasil. (1998, 2010/07/22/). Ministério da Educação. Parecer do Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. PARECER CNE/CEB No. 15/1998
- Chaves, Alaor Silvério, Filho, Carlos Alberto Aragão de Carvalho, Barreto, Francisco César de Sá, Velho, Gilberto Cardoso Alves, Jornada, João Alziro Herz da, Bevilacqua, Luiz, . . . Gattass, Ricardo (Cartographer). (2004). Subsídios para a Reforma da Educação Superior.
- Dochy, Filip, Segers, Mien, Van den Bossche, Piet, & Gijbels, David. (2003). Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13(5), 533-568. doi: Doi: 10.1016/s0959-4752(02)00025-7
- Gatti, B. A., & Barreto, E. S. (2009). Professores do Brasil: impasses e desafios (Vol. UNIESCO, pp. 1-294). Brasília.
- Hamburger, Ernst W., Galembeck, Fernando, Barbosa, Joao Lucas M., Tenenblat, Ketí, Davidovich, Luiz, Beirao, Paulo S,rgio L., & Schwartzman, Simon. (2007). Ensino de Ciências e Educação Básica: propostas para um sistema em crise (pp. 1-47): Academia Brasileira de Ciências.
- Harper, Barry, Hedberg, John G., & Wright, Rob. (2000). Who benefits from virtuality? *Computers & Education*, 34(3-4), 163-176.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review.*, 16(3), 235-266.
- Japiassu, H. (1976). *Interdisciplinaridade e patologia do saber: Imago*.
- Klein, J.T. (1990). *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice* Detroit: Wayne State University.
- Lam, Shui-fong, Cheng, Rebecca Wing-yi, & Choy, Harriet C. (2010). School support and teacher motivation to implement project-based learning. *Learning and Instruction*, 20(6), 487-497. doi: DOI: 10.1016/j.learninstruc.2009.07.003
- Lattuca, R. L. (2001). *Creating Interdisciplinarity: Interdisciplinary Research and Teaching Among College and University Faculty*. Nashville: Vanderbilt University Press.
- Mamede, S., & Penaforte, J. (2001). *Aprendizagem Baseada em Problemas: Anatomia de uma Abordagem Educacional* (Vol. 1). Fortaleza: Hucitec.
- MEC. (2009a, 2010/07/28/). Matriz de Referência Para o Enem 2009, from http://www.enem.inep.gov.br/pdf/Enem2009_matriz.pdf

- MEC. (2009b, 2009/07/30/). Programa Ensino Médio Inovador: Documento Orientador, from http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/documento_orientador.pdf
- Nikitina, Svetlana. (2006). Three strategies for interdisciplinary teaching: contextualizing, conceptualizing and problem-centring. *Journal of Curriculum Studies*, 38(3), 251-271.
- Nissani, M. (1997). Ten Cheers for Interdisciplinarity: The Case for Interdisciplinary Knowledge and Research. *The Social Science Journal*, 34(2), 201-216.
- OECD. (1972). Interdisciplinarity: Problems of Teaching and Research in Universities. (pp. 321). Paris.
- Perrenoud, P., & Thurler, M. G. (2002). A formação dos professores no século XXI As competências para ensinar no século XXI. (pp. 11-33). Porto Alegre: Artmed. (Reprinted from: NOT IN FILE).
- Rikers, R. M. L. P., & Brum, A. B. H. (2006). Introduction to the special issue on innovations in problem-based learning. *Advances in Health Sciences Education*, 11(4), 315-319.
- Savery, J. (2006). Overview of problem-based learning: definitions and distinctions. *The interdisciplinary journal of problem-based learning*, 1(1), 9-20.
- Schmidt, E. F. C., Fonseca, P. C., & Alves, L. A. (2005). A Prática da Interdisciplinariedade em Sala de Aula: Um Estudo Exploratório, Utilizando Vírus como Modelo. *Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, xx, 12-24.
- Silva-Filho, M. V., Lopes, R. M., Alves, N. G., & Figueiredo, L. M. S. (2010). *Como preparar os professores da educação básica para a aprendizagem baseada em problemas*.

Figure Legends

Figure 1: Response of the teachers on the theme of "interdisciplinarity." The bars indicate the number of teachers who feel they know the subject a little, well or very well.

Figure 2: Perceptions of teachers about their initial training. Bars indicate the number of teachers who felt they had disciplinary or interdisciplinary training in their respective studies. The bar is indicative of interdisciplinary training spread over four classes (bad, regular, good or very good).

Figure 3: Influence of undergraduate and graduate teachers and their interdisciplinary experiences during training. (Chi-square, $p = 0.0013$)

Figure 4: Considerations for teachers about the importance in adopting interdisciplinary practices in their activities of teaching and learning. Bars indicate whether they are too little, somewhat or very important for the teachers.

Figure 5: Perception of teachers about the school organization and processes as facilitators of interdisciplinary practices of teaching and learning. Bars indicate if teachers do not consider or consider whether these factors encourage too little or very little interdisciplinarity in their schools.

Figure 6: Existence and frequency of interdisciplinary practices in schools where participating teachers work. The bars indicate the absence of such practices or the frequency of them.

Figure 7: Development of interdisciplinary activities by the participating teachers. The bars indicate how many professionals said they work with these activities or how many do not.

Figures

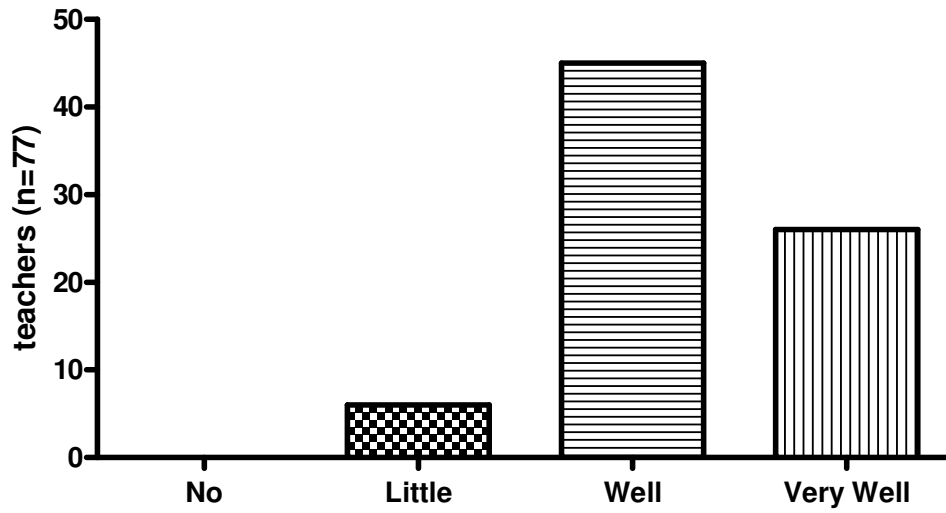


Figure 01

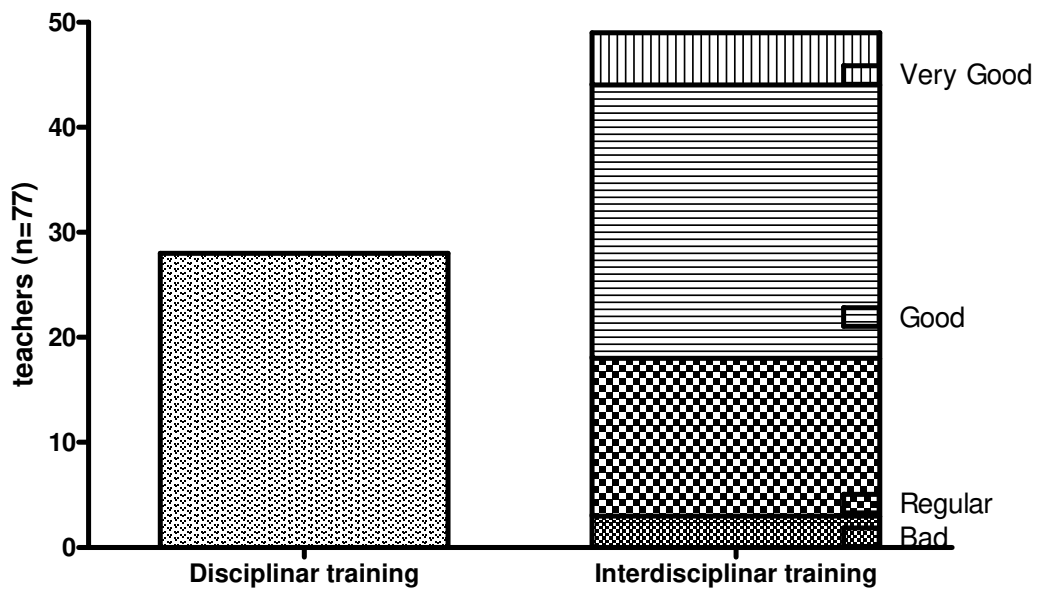


Figure 02

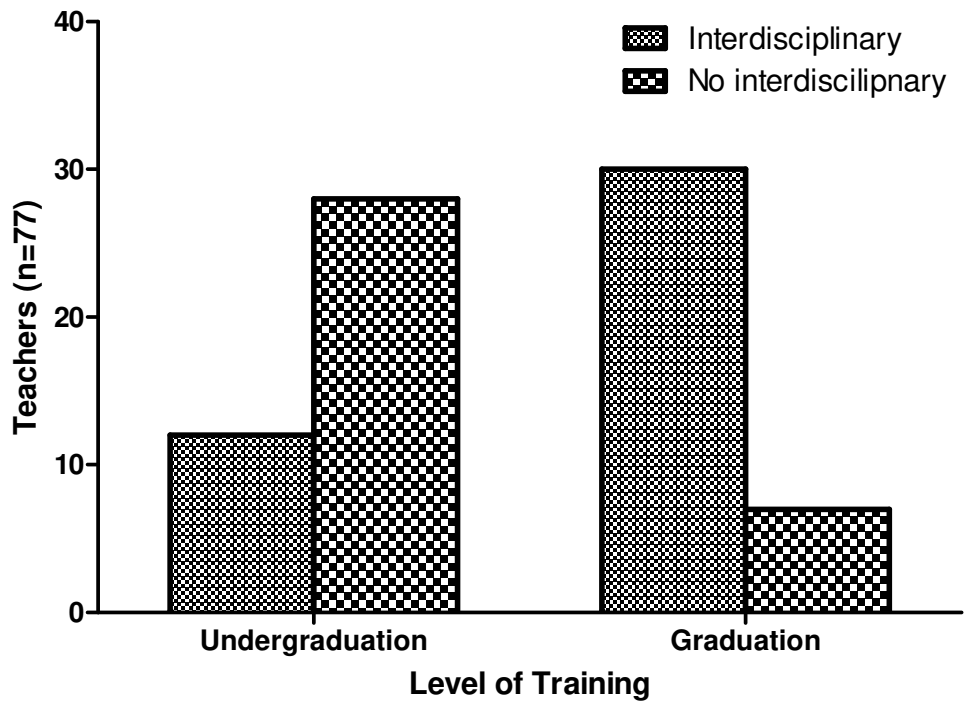


Figure 03

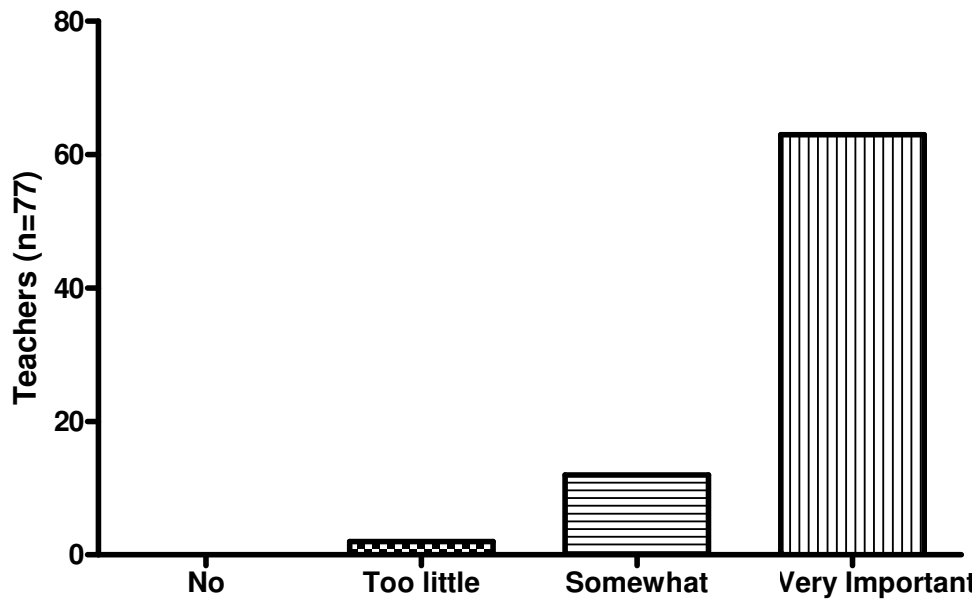


Figure 04

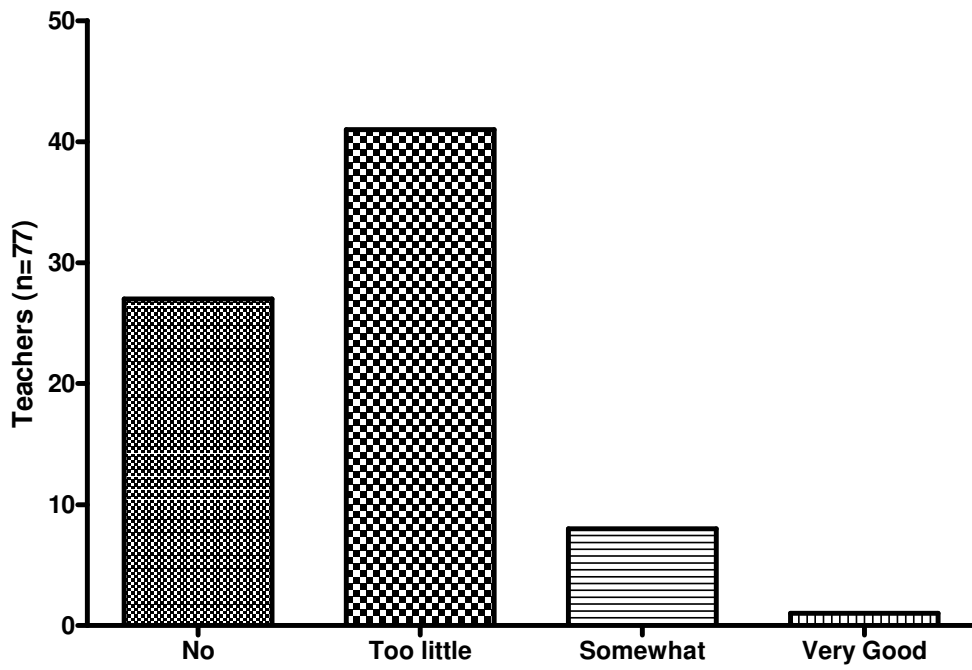


Figure 05

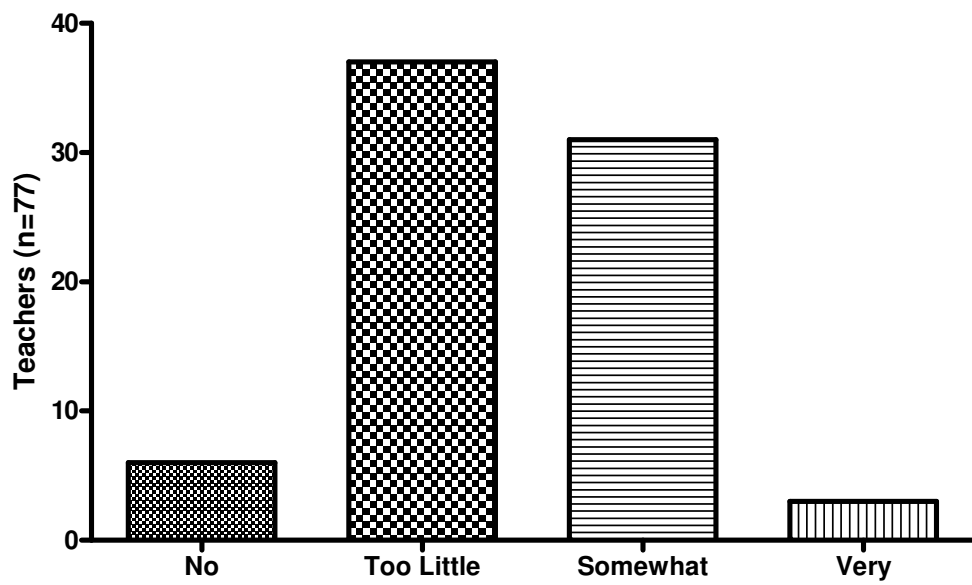


Figure 06

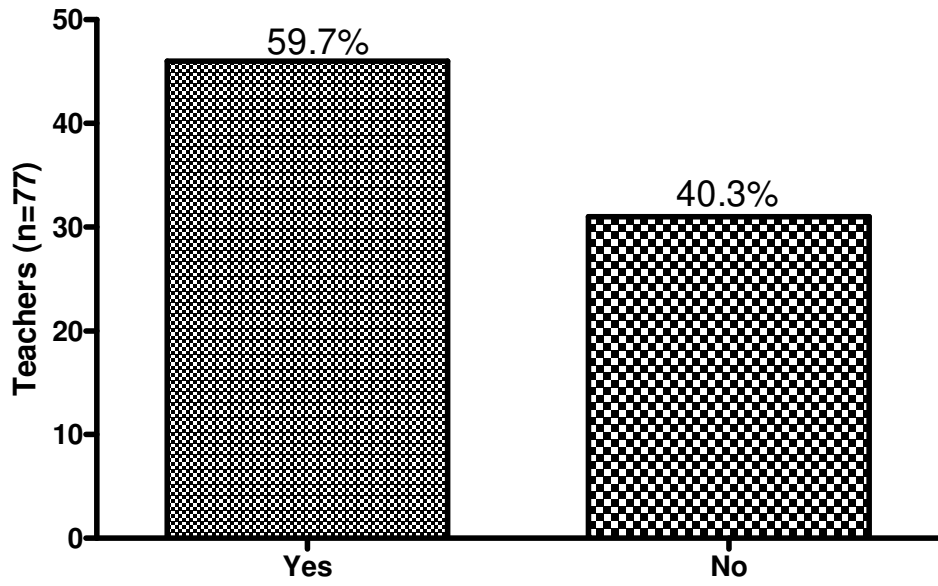


Figure 07

Tables

Table 1. Total number of participating teachers, divided by gender, institution, age range, level of education, workload, time of teaching, salary range, educational background and training.

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|---------------|---|--|------------------------------|------------|-------------|-----------|--------|-----------|
| Teachers | 77 | Men | 35 | | Work in private institutions | 15 | | | | |
| | | Women | 42 | | Work in public institutions | 62 | | | | |
| | | General | 38.9 ± 8.7 | | High school | 59 | | | | |
| Age group (Mean ± SD) | Men | 36,7 ± 9.2 | Level of education which operates | High school and undergraduation | 7 | | | | | |
| | | | | Elementary and high school | 4 | | | | | |
| | Women | 40,3 ± 7,4 | | Elementary, high school and undergraduation | 7 | | | | | |
| Workload (hours/day) | Mean ± SD | 28.2±9.5 | | Teaching | Mean ± SD | 15.9 ± 7.2 | | | | |
| | Max/Min | 51/7 | | Experience (years) | Median | 17 | | | | |
| | | | | | Max/Min | 42/3 | | | | |
| Salary Range (US\$) | 150 - 400 | 5 | 400 - 500 | 11 | 501 - 1000 | 20 | 1001 - 1500 | 22 | > 1500 | 19 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Level of Training | | Undergraduate | | 40 | | | | | | |
| | | Graduate | | 37 | | | | | | |

Table 2: Summary of lesson plans submitted by 15 teachers to develop interdisciplinary practice. The criteria for evaluation of the plan were: objectives, subjects and teachers involved, strategies or teaching methodology and assessment. * NP: Not presented by the teacher.

| Doc | Theme Lecture | Objectives | Disciplines | Teachers | Teaching strategies and methodologies | Evaluation |
|-----|--|---|---|--|--|------------------------------|
| 1 | “Spanish speaking countries” | To know the culture of Hispanic countries in South America. | Spanish, Geography, History, Physical Education and Art | Spanish (1) | Divide the class into groups addressing relevant issues to each nation, such as cooking, sports, politics, economy and tourism. | Papers Presentation and test |
| 2 | "The meanings of the Human Body" | Recognition of the importance of the sense organs | Biology, Physics and Chemistry | Biology (1) | Development of group projects by students and the use of lectures. | Paper presentations |
| 3 | “Nanotechnology” | NP* | Biology, Physics and Chemistry | Biology (1) | Texts studies and use of "problems" that society faces today (e.g., pollution, energy and food) | NP* |
| 4 | "Vitamins” | NP* | Mathematics and Biology | Mathematics (1) | NP* | NP* |
| 5 | "Nature in Brazil: Climate and Vegetation" | Learning about the relationship between vegetation and climate. | Physics, Biology, Literature and Geography | Geography (1) | NP* | NP* |
| 6 | “Renaissance” | NP* | History, Geography, Science, Literature and Arts | Literature (1) | Presentation of maps of Italy, to present its topography and hydrography, photos of paintings and sculptures from the Renaissance period, beyond the presentation of the tragedy Romeo and Juliet William Shakespeare. | NP* |
| 7 | "Study of the numbers in English and Portuguese" | NP* | English and Mathematics | English (1) | Students will learn how to write and pronounce the numbers 1-100 in English. | NP* |
| 8 | “Industrial Revolution ” | NP* | History and Physical | History (1) and Physics (1) | Use of texts and experience (machine Heron) | NP* |
| 9 | "Industrialization" | NP* | History, Physics, Portuguese, Geography and Mathematics | Biology (1) | Lecture, production of posters by students about the benefits and drawbacks of the processes of industrialization. | NP* |
| 10 | "Earth: Water Planet" | NP* | Portuguese, Literature and Science. | Portuguese (1) Literature (1) | From the novel "The Slum" by Aluizio de Azevedo, held discussions with students about basic sanitation, potable water conservation and prepare educational pamphlets on the subject. | NP* |
| 11 | "The Process of Industrialization" | NP* | Geography and History | Geography (1) | Lecture. | NP* |
| 12 | Comparative Study of Culture in English Speaking Countries | NP** | English, Geography and Physical Education | English (1), Geography (1) and Physical Education (1). | Comparative study of culture and different English speaking countries, and the implementation of a tournament with the most popular sports in countries where they speak English. | NP* |
| 13 | "Principles of Inertia" | Construction by students of the concept of inertia. | Physics and Biology | Physics (1) | Classroom practice - there was no specification of the class by the teacher. | NP* |

Table 2 (continuation): Summary of lesson plans submitted by 15 teachers to develop interdisciplinary practice. The criteria for evaluation of the plan were: objectives, subjects and teachers involved, strategies or teaching methodology and assessment. * NP: Not presented by the teacher.

| | | | | | | |
|----|-------------------------------------|-----|---|-----------------|---|-----|
| 14 | Regions of Brazil " | NP* | Mathematics and Geography | Mathematics (1) | Presentation of the five regions of Brazil and providing a table with demographic data of these regions. Present a questionnaire that requires the student, among other issues, the construction of graphs. | NP* |
| 15 | "Mathematics and Other Disciplines" | NP* | Mathematics, Biology, Portuguese, Chemistry and History | Mathematics (1) | Lectures where content from different disciplines would be explored in association with content of mathematics. | NP* |

4.4 ARTIGO 4

O último artigo se refere então ao desenvolvimento e uso do software para o ensino da Farmacologia. O software vinha sendo desenvolvido desde 2007 e somente em Janeiro de 2011 foi finalizado e testado no Curso de Férias do Instituto Oswaldo Cruz intitulado, Farmacologia uma Abordagem Integrada. Foram selecionados 34 alunos de cursos de Farmácia, de Biomedicina, de Medicina Veterinária e de Medicina. Inicialmente, todos os 34 alunos realizaram um pré-teste, com questões aleatórias de um banco de dados e posteriormente divididos em dois grandes grupos: um que participou do curso usando o software, e outro que participou somente das aulas teóricas. Dois outros subgrupos foram adicionalmente formados, àqueles que já tinham cursado Farmacologia e àqueles que não possuíam experiência prévia.

Ao final do curso, todos os alunos realizaram um pós-teste e novamente com questões aleatórias. Dessa forma, foi possível analisar o impacto do uso do software sobre o aprendizado, considerando alunos sem experiência (não haviam cursado Farmacologia, com outros com experiência prévia (alunos que já haviam cursado a Farmacologia).

Outras informações relacionadas ao software, como por exemplo, sua usabilidade foram também obtidas a partir do uso da escala de *Likert*. Adicionalmente, a percepção do aluno quanto ao seu aprendizado, independente da nota obtida, foi também considerada no questionário utilizado.

New educational software to Teaching and Learning Basic Pharmacology

Fidalgo-Neto, A.A.^a, Viana, AVP.^a, Bonavita, A.G.^b, Soares-Bezerra, R.J.^a and Alves, L.A.^{a§}

^aLaboratório de Comunicação Celular - Instituto Oswaldo Cruz – FIOCRUZ

^bLaboratório Integrado de Pesquisa - Campus Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro

[§] Corresponding Author; Laboratório de Comunicação Celular e Pós-graduação de Ensino de Biociências e Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil. Av. Brasil, 4365 – Manguinhos, 21045-900, Rio de Janeiro, Brasil - FAX: (55) (21) 2280-1589 e-mail - alveslaa@gmail.com

Abstract

The present study empirically and qualitatively evaluated the PHARMAVIRTUA educational software, which we developed as a tool for pharmacology education. The 34 students who participated in this study were enrolled in a summer pharmacology course. One group of students had previously studied pharmacology and the other had no prior pharmacology experience. Both groups were further subdivided into two additional groups, one that used the software and a group that did not. Analyses of the four groups revealed a statistically significant improvement in the test scores of the groups that used the pharmacology software. Qualitative analyses of students' Likert-type scale ratings also indicated a positive correlation between software use and the students' perceptions of the software. The study results demonstrated the potential benefit of PHARMAVIRTUA software for complementing other instructional methods.

Introduction

The availability of computers has had a profound impact on society because of their innumerable applications. In the context of education, computers provide a useful resource for information searches, data analysis and storage, and for improving the learning environment. In science education, computer-based learning is also used to describe, explain, simulate and predict scientific processes. Furthermore, educational software can 1) aesthetically illustrate and describe abstract scientific phenomena at both macroscopic and microscopic levels; and 2) facilitate students' apprehension of cell- and molecular-level concepts in the biological and health sciences (O'Day, 2006; Sanger & Badger, 2001; Williamson, 1995). Information and communication technologies (ICTs) are important tools for teaching scientific subjects that have visual components, such as anatomy and histology, and subjects that cannot be as easily illustrated, such as physiology and pharmacology (McClellan et al., 2005; Morgan, Cleave-Hogg, Desousa, & Lam-McCulloch, 2006; Novak, 2003). Pharmacology is an interdisciplinary course in the study of medicine and other health sciences (Faingold & Dunaway, 2002; Gray, Danoff, & Shepherd, 2007; I. Hughes, 2002; Hughes, 2003) and integrates basic and clinical sciences (Chiu Yin Kwan, 2002). Because learning pharmacology is a complex task, and because students are expected to learn a significant amount of information prior to graduation, researchers have stressed the need to review teaching practices in pharmacology education (British Pharmacological & Physiological, 2006; Faingold & Dunaway, 2002; E. Hughes, 2002; C. Y. Kwan, 2004; Chiu Yin Kwan, 2002).

To assist pharmacology instructors, educational software was developed that was designed to motivate students and to promote an active learning environment. This

software was developed under a Creative Commons license. The purpose of this study was to evaluate the usefulness of this educational software. This evaluation was performed qualitatively by assessing student perceptions and empirically by measuring student test results. The software characteristics of navigability and user-friendliness were also evaluated.

Material and Methods

Software Development

The PHARMAVIRTUA educational software was developed using Adobe® Director® and Adobe Flash® software, both of which are powerful and interactive authoring programs.

The software was distributed as a CD-ROM or available on the website www.lcc.kftox.com. This version was designed to run in a Microsoft Windows® environment.

The currently available pharmacology software can be classified into six major categories ([E. Hughes, 2002](#)): quizzes, e-books, tutorials, simulations, animations/videos and e-learning environments. These categories are not mutually exclusive, and Pharmavirtua, like other software packages, includes more than one category. The basic pharmacology content is presented as a tutorial with hypertext and illustrations, animations of important pharmacological phenomena, simulations and a quiz.

Pharmavirtua software characteristics were integrated with educational needs and validated by cross-functional, life-cycle software. Firms that compete within rapidly changing markets that are characterised by similarly rapid changes in technology increasingly recognise product development cycle time as an important competitive advantage. Effective cross-functional integration with concurrent product development processes reduces product development cycle time (Sherman, Souder, & Jenssen, 2000). Our cross-functional model was modified for educational purposes. Each content module incorporated student and instructor feedback to identify usability and educational issues. This process provided greater flexibility in managing design changes and reduced the need for subsequent software design revisions.

Educational Aspects and evaluation

The Pharmavirtua software program was evaluated in a summer course supported by the Oswaldo Cruz Institute (FIOCRUZ), Brazil, entitled “Pharmacology: An Integrated Approach,” which covered the basic principles of pharmacology (pharmacokinetics and pharmacodynamics) from an interdisciplinary perspective. The course load was 45 hours per week; 5 pharmacology instructors were directly involved with the course.

The course was open to students nationwide, with admission limited to undergraduate students majoring in the biological and health sciences who met the additional criteria of an average overall grade > 7.0 and a qualitative curriculum review. During the 2-month application period, 78 applications were received, and 30 students enrolled in the course. The addition of 4 auditing students resulted in a total of 34 students.

At the beginning of the course, the students received a pre-test with 20 questions on basic pharmacology topics. Classes included both lectures with case discussions attended by all students and study periods for review of the material presented and discussed during lectures. During the study periods, students could use the software or other tools including textbooks, notes or Internet content other than the software. The time allotted to lectures and study periods was distributed equally throughout the course. Participants were randomly assigned to one of the following four groups:

The PNS group included students with previous undergraduate pharmacology experience who did not use the software (n=8).

The PS group included students with previous undergraduate pharmacology experience who used the software (n=9).

The NPNS group included students with no previous undergraduate pharmacology experience who did not use the software (n=8).

The NPS group included students with no previous undergraduate pharmacology experience who used the software (n=9).

Pre- and post-tests

Pre- and post-test scores empirically measured the students' knowledge of pharmacology at the beginning and end of the summer course, respectively. These tests each included a different set of 20 questions covering basic pharmacology topics, which were randomly generated from a test database of over 500 questions. Each question assessed one of three cognitive abilities (Anderson & Krathwohl, 2001):

Type 1 questions assessed basic memory. Six of the 20 questions measured whether students were able to recall the definition or meaning of pharmacological concepts.

Type 2 questions assessed understanding. Seven of the 20 questions measured whether students were able to explain, paraphrase or provide examples of pharmacological concepts.

Type 3 questions assessed student's ability to apply knowledge. Seven of the 20 questions measured whether students were able to use pharmacological concepts to solve problems.

Qualitative analysis

A 5-point Likert-type rating scale was used to evaluate students' perception of the learning characteristics and instructional usefulness of the software and its usability. For each item, students indicated whether they strongly agreed, agreed, neither agreed nor disagreed, disagreed or strongly disagreed with the statement.

Students' opinions, suggestions and criticism were also recorded for qualitative analysis.

Statistical Analysis

Statistical and graphical analyses were performed using the GraphPad Prism version 5.00 for Windows, GraphPad Software, San Diego, California, USA (www.graphpad.com). To compare pre- and post-test scores, two-tailed paired Student's t-tests were performed for each group. Results were considered significant when $p < 0.05$.

Results

The 34 students enrolled in the summer course were first divided into two groups: students who had studied pharmacology in their undergraduate courses and students who had not yet studied this subject. Each of these groups was then subdivided with respect to the use of software, as described in the methods section above.

All participating students were officially enrolled in a public Brazilian university where they took undergraduate courses in medicine, pharmacy and the biomedical sciences. The 22 female and 12 male students had an average age of 21 ± 2 years. No socio-economic differences were observed between the groups.

Empirical analysis

The analysed empirical measures included students' pre- and post-test scores and the amount of time students spent completing the tests.

Regardless of their pharmacology experience, the post-test scores were higher than the pre-test scores for the PS or NPS groups. However, post-test scores of the PNS group did not exhibit improvement.

Overall, students who used the software appeared to exhibit significant improvement between the pre- and post-tests.

For the PNS group, the mean scores were 6.8 ± 0.6 for the pre-test and 7.4 ± 0.9 for the post-test. For the PS group, the mean scores were 5.2 ± 1.0 for the pre-test and 7.3 ± 0.5 for the post-test. For the NPNS group, the mean scores were 5.5 ± 1.1 for the pre-test and 6.8 ± 0.8 for the post-test. For the NPS group, the mean scores were 4.8 ± 1.2 for the pre-test and 7.1 ± 1.0 for the post-test.

When students' pre- and post-test performances were analysed with respect to the cognitive ability measured by the question, a different pattern emerged. For the type 1 questions (basic memory), both the PS and PNS groups exhibited improvement, and use of the software appeared to have no effect on test performance (see Figure 2). However, for type 2 and 3 questions (understanding and applying knowledge, respectively), use of the software appeared to have a positive effect, in that the difference between the pre- and post-test scores was significant for the NPS group (see Figure 2.) Compared to students with previous pharmacology experience, students with no pharmacology experience who

used the software exhibited improved pre- and post-test performance. Although the post-test scores were higher than the pre-test scores for all groups, the difference was statistically significant only for the NPS group (see Figure 2).

The time spent taking the test was recorded separately for each student as this metric is thought to be related to students' test performance. The analyses found that students spent less time completing the post-tests compared to the pre-tests (see Figure 3).

Qualitative analysis

The PS and NPS groups who used the software completed a Likert-type rating scale and indicated their level of agreement with statements involving the learning of pharmacology content and software usability (Figure 4). The learning perception statements assessed improvements in logical thinking and the students' dependence on the pharmacology textbook, instructors and software to achieve course objectives. Eleven students agreed or strongly agreed that the software stimulated logical thinking and seven neither agreed nor disagreed. Pharmavirtua was not developed to be used alone but in combination with lectures, textbooks, tutors, etc. as a complementary tool for teaching pharmacology. Consistent with the intended purpose of the software, a significant number of students agreed or strongly agreed that a textbook or instructors were necessary to achieve the goals associated with learning pharmacology (see Figure 4). Alternatively, fifteen students also strongly agreed that Pharmavirtua was helpful for learning pharmacology.

The majority of students considered the software's overall content and organization to be satisfactory. Seven students agreed and ten students strongly agreed that the software's content was well-organised and clearly presented. Moreover, twelve students viewed the software's content as up-to-date (see Figure 4).

Other software characteristics were also evaluated. Every student agreed or strongly agreed that the software navigation was simple and intuitive. In addition, seventeen students viewed the software organization as clear and user-friendly (see Figure 4).

To a certain extent, a positive perception of the organizational characteristics of software, especially with respect to educational factors, contributes to instructional effectiveness (Flôres, 2005). The comments of ten students in the PS and NPS groups who used the software are provided below:

Positive feedback

User 1: “Very instructive and stimulating.”

User 2: “Animations too didactic.”

User 3 “Helps to visualise the pharmacological concepts. Easy to use.”

User 6 “Good texts and links that lead illustration and animations.”

User 7 “The animations are excellent.”

User 8 “The simulations are interesting and important.”

User 9 “Clear and simple.”

User 14 “It’s very interactive and stimulates curiosity.”

User 17 “Makes learning more dynamic and interactive. It's very intuitive.”

Negative feedback:

User 3 “Some topics are superficial.”

User 4 “The legends could be clearer.”

User 6 “The software is good; however, its approach is basic.”

User 7 “Even with a basic approach, the topics are superficial.”

To address these comments, minor negative issues have since been resolved to improve the software. In addition, the program website includes a link for user comments so that the software can be continuously improved.

Pharmavirtua Software

Pharmavirtua was developed by faculty members and researchers. The pharmacology content focused on pharmacokinetics and pharmacodynamics, which are considered to be fundamental to the subject as a whole. The software was distributed as a CD-ROM or could be downloaded. The students could install the software or run it directly from the CD. A double-click on the executable file brought up an initial screen (shown in Figure 5). A list of the following main topics was located on the left of the screen: Routes of Administration, Pharmacokinetics, Pharmacodynamics, Calculations in Pharmacology and Quiz. In addition, HELP and EXIT buttons were located at the bottom left of the screen, along with the CONTACT and bibliography buttons (see Figure 5).

The project adopted hypermedia concepts with the use of audio feedback, animations, and hypertext. The software was an interactive tutorial with simulations (pharmacology calculations) and practice exercises (quizzes). These instructional strategies are illustrated in Figure 6.

Discussion

Descriptive analysis

Since computers became available in the 1950s, they have had a profound impact on society due to the innumerable variety of their applications (Flynn, 2002). Computers now play an essential role in many aspects of society, and education is no exception. Computer and technology resources that are available for educational purposes include educational software, virtual environments and e-learning, among others. There are many informational resources devoted to teaching pharmacology at the undergraduate level, which was the focus of this study (Cain, Esther, & Rohr, 2009; Franson, Dubois, de Kam, & Cohen, 2008; Weller, Merry, Robinson, Warman, & Janssen, 2009).

Numerous pharmacology software packages have been developed in recent decades. For instance, over 250 software packages can be obtained from the British Pharmacological Society (E. Hughes, 2002), and many others can be found through Internet searches.

However, rigorous scientific and instructional research is needed to document the benefits and user-friendliness of educational pharmacology software. Currently, most published articles on pharmacology software have been descriptive accounts rather than empirical investigations (Table 1). Future qualitative and quantitative research should examine how these programs affect the learning environment. Table 1 presents the results of a search of scientific and educational databases for reports on pharmacology software and software instructional strategies. Although many pharmacology software programs can be found on the Internet, few of these programs have been evaluated. The process of developing educational software is different from developing non-educational software, such as business applications. Educational software must be designed to facilitate the learning of users who may not already possess the knowledge presented in the program (Lee, 2011). In the present study, the faculty and researchers who developed Pharmavirtua also evaluated its instructional impact using students' test performances and perceptions of the software as outcomes. In general, educational technology products developed by non-educators focus on the efficient transmission of content, while products developed by educators emphasise the learning processes employed by individual

students (Lee, 2011). The educational program described here was designed to be integrated with the health sciences curriculum and to be consistent with a constructivist approach. The pharmacology content of the software was presented gradually, allowing students to integrate the information with key concepts in physical chemistry, biochemistry, biophysics and physiology. Thus, Pharmavirtua was designed to be an interdisciplinary educational tool.

Moreover, Pharmavirtua included graphics, animations, simulations and a number of educational resources to accommodate students who might vary in their level of background knowledge and learning styles. Effective educational software requires not only knowledge of computer programming techniques but also a thorough understanding of the instructional content, which allows the developers to present and formulate the subject matter in a manner that students can easily comprehend (Shulman, 1986).

Software evaluation

Many studies have investigated the effectiveness of educational software in the learning environment, and there are a growing number of reports on the learning processes involved in the use of such technology (E. Hinostrroza, Rehbein, Mellar, & Preston, 2000; J. E. Hinostrroza & Mellar, 2001; Wheeler et al., 2004). However, the use of instructional software remains controversial because a number of studies have identified problems with its use and have been unable to demonstrate significant improvements in student learning (Dynarski et al., 2007; Niederhauser & Stoddart, 2001).

Software evaluation is a formal procedure for judging the effectiveness of a software program in the area or activities for which it was designed (E. Hinostrroza, et al., 2000). Hinostrroza and colleagues (2000) described three software evaluation techniques: an experimental approach that compares experimental and control groups' pre- and post-test results to assess the effectiveness of a piece of software; a checklist approach that applies a set of predetermined criteria to the software program; and qualitative methods. The present study used experimental and qualitative methods to evaluate the software.

Overall, the post-test scores were higher than the pre-test scores for all groups. However, the difference was not statistically significant for the group with pharmacology experience who did not use the software. This result indicates that the software was

effective. The main idea is that the course alone (without the use of software) cannot improve the performance of students with previous experience in pharmacology. Alternatively, the use of the software appeared to assist students in improving their test scores regardless of the extent of their prior pharmacology experience, although the possibility remains that the course alone was the significant factor for these students' improvement.

As mentioned, both the pre- and post-test included three types of questions. When students' test performance was analysed by question type, a different pattern of results emerged. The software appeared to be more effective for questions that assessed understanding and the ability to apply knowledge (types 2 and 3, respectively) than for questions that simply assessed memory (type 1). The instructional strategies used in the software may promote a better understanding of pharmacological phenomena than improvements in basic memory skills. In general, test-and-practice and tutorial software improves students' memory skills. Pharmavirtua may have improved students' ability to understand concepts and to apply knowledge because it used a variety of instructional strategies. The software's use of hypermedia and the student's engagement in exploring new concepts may explain both the positive relationship between software use and pharmacology learning and the difference in performance for the different types of questions.

A separate endpoint of the analysis was the time taken to complete the tests, which was significantly longer for the pre-test than for the post-test. The pre- and post-tests were different; however, the questions for both tests were randomly chosen from the same database, and the same types of questions were used for both tests. Thus, spending less time completing the post-test might be associated with learning efficiency rather than mechanical skills or psychological factors. Although the course alone (i.e., without use of the software) may be effective in decreasing the amount of time needed to complete the post-test, the differences between the pre- and post-test completion times were larger for the groups that used the software.

The second technique used to evaluate the software was a qualitative analysis that used ratings of statements in a Likert-type scale. This technique was used to assess students' perception of their own learning, the pharmacology content of the software and

software usability. Many researchers have found that positive perceptions of students and faculty members are associated with learning outcomes (Dynarski, et al., 2007; Novak, 2003; O'Day, 2006; Sanger & Badger, 2001; von Wangenheim, Thiry, & Kochanski, 2009). However, the mixed results with respect to the effectiveness of instructional technology reported in the literature do not allow for broad conclusions to be drawn (Kulik, 2003). More empirical studies are required to determine whether educational software consistently improves learning. The present study compared students' perceptions of software characteristics with empirical findings based on students' pre- and post-test scores. Overall, the majority of the students' statements revealed positive perceptions of the software, suggesting that the educational environment created by the use of new technologies might motivate students and teachers. As noted above, Pharmavirtua was not designed to be a stand-alone method or to eliminate the need for textbooks or instructors. Rather, it was proposed as a complementary approach to teach pharmacology.

Other characteristics of the software were also evaluated, and significant advantages were identified (figure 4).

The integration of animations, figures and text in the software's content enhanced students' conceptual understanding, their ability to apply basic pharmacological knowledge, and their motivation and desire to learn.

Access to technology has grown rapidly in schools and homes. Nearly all students own computers and have access to the Internet. It is therefore crucial to identify the advantages and disadvantages of implementing educational software. The results of this study suggest that the use of Pharmavirtua benefits pharmacology students.

References

- Anderson, L.W., & Krathwohl, D.R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for Learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. (2 ed.). New York: Allyn & Bacon.
- Auzeric, M., Bellemere, J., Conort, O., Roubille, R., Allenet, B., Bedouch, P., . . . Charpiat, B. (2009). [Designing a tool to describe drug interactions and adverse events for learning and clinical routine]. *Ann Pharm Fr*, 67(6), 433-441. doi: S0003-4509(09)00145-X [pii]
10.1016/j.pharma.2009.09.003
- British Pharmacological, Society, & Physiological, Society. (2006). Tackling the need to teach integrative pharmacology and physiology: problems and ways forward. *Trends Pharmacol.Sci*, 27(3), 130-133.
- Burford, H. J., Balfour, D. J., & Stevenson, I. H. (1993). Development of PharmTest: a unique personal computer-mediated tool for assessment of pharmacology. *J Clin Pharmacol*, 33(5), 400-404.
- Cain, J., Esther, P. , & Rohr, J. (2009). An Audience Response System Strategy to Improve Student Motivation, Attention, and Feedback. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 73(2), 1-7.
- Doucet, M., Vrins, A., & Harvey, D. (2009). Effect of using an audience response system on learning environment, motivation and long-term retention, during case-discussions in a large group of undergraduate veterinary clinical pharmacology students. *Med Teach*, 31(12), e570-579. doi: 10.3109/01421590903193539
- Dynarski, Mark, Agodini, Roberto, Heaviside, Sheila, Novak, Timothy, Carey, Nancy, Campuzano, Larissa, . . . Sussex, Willow. (2007). *Effectiveness of Reading and Mathematics Software Products: Findings from the First Student Cohort*, Washington, D.C.: U.S.
- Faingold, C. L., & Dunaway, G. A. (2002). Teaching pharmacology within a multidisciplinary organ system-based medical curriculum. *Naunyn Schmiedebergs Arch.Pharmacol.*, 366(1), 18-25.
- Flyn, R. R. (2002). *Computer Sciences: Ideas and Peoples* (Vol. 1). New York: The Macmillan Science Library.
- Franson, K. L., Dubois, E. A., de Kam, M. L., & Cohen, A. F. (2008). Measuring learning from the TRC pharmacology E-Learning program. *Br J.Clin.Pharmacol.*, 66(1), 135-141.
- Gray, J. D., Danoff, D., & Shepherd, A. M. (2007). Clinical pharmacology education: looking into the future. *Clin.Pharmacol.Ther.*, 81(2), 305-308.
- Hinostroza, Enrique, Rehbein, Lucio E., Mellar, Harvey, & Preston, Christina. (2000). DEVELOPING EDUCATIONAL SOFTWARE: A PROFESSIONAL TOOL PERSPECTIVE. *Education and Information Technologies*, 5(2), 103-117. doi: 10.1023/a:1009699417462
- Hinostroza, J. Enrique, & Mellar, Harvey. (2001). Pedagogy embedded in educational software design: report of a case study. *Computers & Education*, 37(1), 27-40.
- Hughes, E. (2002). Computer-based learning--an aid to successful teaching of pharmacology? *Naunyn Schmiedebergs Arch.Pharmacol.*, 366(1), 77-82.

- Hughes, I. (2002). Employment and employability for pharmacology graduates. *Nat.Rev.Drug Discov.*, 1(10), 833.
- Hughes, I. (2003). Teaching Pharmacology in 2010--new knowledge, new tools, new attitudes. *Nippon Yakurigaku Zasshi*, 122(5), 411-418.
- Kulik, J. A. (2003). Effects of Using Instructional Technology in Elementary and Secondary Schools: What Controlled Evaluation Studies Say. In SRI International (Ed.), (pp. 82).
- Kwan, C. Y. (2004). Learning of medical pharmacology via innovation: a personal experience at McMaster and in Asia. *Acta Pharmacol.Sin.*, 25(9), 1186-1194.
- Kwan, Chiu Yin. (2002). Problem-based learning and teaching of medical pharmacology. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 366(1), 10-17. doi: 10.1007/s00210-002-0561-y
- Lee, Young-Jin. (2011). Empowering teachers to create educational software: A constructivist approach utilizing Etoys, pair programming and cognitive apprenticeship. *Computers & Education*, 56(2), 527-538. doi: DOI: 10.1016/j.compedu.2010.09.018
- Lotsch, J., Kopal, G., & Geisslinger, G. (2004). Programming of a flexible computer simulation to visualize pharmacokinetic-pharmacodynamic models. *Int J Clin Pharmacol Ther*, 42(1), 15-22.
- Lymn, J. S., & Mostyn, A. (2010). Audience response technology: engaging and empowering non-medical prescribing students in pharmacology learning. *BMC Med Educ*, 10, 73. doi: 1472-6920-10-73 [pii] 10.1186/1472-6920-10-73
- Manias, E., Bullock, S., & Bennett, R. (1999). A computer-assisted learning program in pharmacology: integrating scientific and nursing knowledge. *Contemp Nurse*, 8(2), 23-29.
- McClellan, Phillip, Johnson, Christina, Rogers, Roxanne, Daniels, Lisa, Reber, John, Slator, Brian M., . . . Whitey, Alan. (2005). Molecular and Cellular Biology Animations: Development and Impact on Student Learning. *Cell Biology Education*, 4, 169-179.
- Meade, O., Bowskill, D., & Lymn, J. S. (2009). Pharmacology as a foreign language: a preliminary evaluation of podcasting as a supplementary learning tool for non-medical prescribing students. *BMC Med Educ*, 9, 74. doi: 1472-6920-9-74 [pii] 10.1186/1472-6920-9-74
- Moore, L., Waechter, D., & Aronow, L. (1991). Assessing the effectiveness of computer-assisted instruction in a pharmacology course. *Acad Med*, 66(4), 194-196.
- Morgan, P. J., Cleave-Hogg, D., Desousa, S., & Lam-McCulloch, J. (2006). Applying theory to practice in undergraduate education using high fidelity simulation. *Med Teach*, 28(1), e10-15. doi: K5356KH755L41X74 [pii] 10.1080/01421590600568488
- Niederhauser, D. S., & Stoddart, T. (2001). Teachers' instructional perspectives and use of educational software. *Teaching and Teacher Education*, 17(1), 15-31. doi: Doi: 10.1016/s0742-051x(00)00036-6
- Novak, J. D. (2003). The promise of new ideas and new technology for improving teaching and learning. *Cell Biol Educ*, 2(2), 122-132. doi: 10.1187/cbe.02-11-0059

- O'Day, D. H. (2006). Animated cell biology: a quick and easy method for making effective, high-quality teaching animations. *CBE Life Sci Educ*, 5(3), 255-263. doi: 5/3/255 [pii] 10.1187/cbe.05-11-0122
- Ohrn, M. A., van Oostrom, J. H., & van Meurs, W. L. (1997). A comparison of traditional textbook and interactive computer learning of neuromuscular block. *Anesth Analg*, 84(3), 657-661.
- Ortega, A., Pineau, A., Boniffay, J., Benois-Pineau, J., Autret, J. P., & Larousse, C. (2000). [Use of the CD-ROM "Tox-Didact" for teaching of toxicology and pharmacology]. *Therapie*, 55(1), 203-210.
- Patil, Chandragouda R. (2007). Multimedia software for demonstrating animal experiments in pharmacology. *Proc. 6th World Congress on Alternatives & Animal Use in the Life Sciences*, 14, 4.
- Sanger, M. J., & Badger, S. M. (2001). Using computer-based visualization strategies to improve students' understanding of molecular polarity and miscibility. *Journal of Chemical Education*, 78(10), 1412-1416.
- Sewell, Robert D.E., Stevens, Robert G., & Lewis, David J.A. . (1996). Pharmacology Experimental Benefits from the Use of Computer-Assisted Learning. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 60, 5.
- Sherman, J. D., Souder, W. E., & Jenssen, S.A. (2000). Differential Effects of Primary Forms of Cross Functional Integration on Product Development Cycle Time. *Journal of Product Innovation Management*, 17, 11.
- Shulman, Lee. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 10.
- von Wangenheim, C. G., Thiry, M., & Kochanski, D. (2009). Empirical evaluation of an educational game on software measurement. [Article]. *Empirical Software Engineering*, 14(4), 418-452. doi: 10.1007/s10664-008-9092-6
- Weller, J. M., Merry, A. F., Robinson, B. J., Warman, G. R., & Janssen, A. (2009). The impact of trained assistance on error rates in anaesthesia: a simulation-based randomised controlled trial. *Anaesthesia*, 64(2), 126-130.
- Wheeler, D. W., Remoundos, D. D., Whittlestone, K. D., Palmer, M. I., Wheeler, S. J., Ringrose, T. R., & Menon, D. K. (2004). Doctors' confusion over ratios and percentages in drug solutions: the case for standard labelling. *J.R.Soc.Med.*, 97(8), 380-383.
- Williamson, V.M., & Abraham, M.R. . (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*(32), 522-534.
- Zlotos, L., Kayne, L., Thompson, I., Kane, K. A., & Boyter, A. (2010). A web-based tool for teaching pharmacy practice competency. *Am J Pharm Educ*, 74(2), 27.

Legends

Figure 1. Pre- and post-test scores for all groups. PNS – students with previous pharmacology experience who did not use the software (n=8); PS - students with previous pharmacology experience who used the software (n=9); NPNS - students with no previous pharmacology experience who did not use the software (n=8) and NPS - students with no previous pharmacology experience who used the software (n=9).

* $p < 0.05$ and ** $p < 0.001$

Figure 2. Pre- and post-test scores for all student groups by question type. Type 1 questions: basic memory; Type 2 questions: understanding; Type 3 questions: applying knowledge. PNS – students with previous pharmacology experience who did not use the software (n=8); PS - students with previous pharmacology experience who used the software (n=9); NPNS - students with no previous pharmacology experience who did not use the software (n=8); and NPS - students with no previous pharmacology experience who used the software (n=9).

* $p < 0.05$ and ** $p < 0.001$

Figure 3. Total time spent by the students to complete the pre- and post-tests. PNS - students with previous pharmacology experience who did not use the software (n=8); PS - students with previous pharmacology experience who used the software (n=9); NPNS - students with no previous pharmacology experience who did not use the software (n=8) and NPS - students with no previous pharmacology experience who used the software (n=9).

* $p < 0.05$ and ** $p < 0.001$

Figure 4. Students' ratings of software instructional characteristics and usefulness. SA = strongly agree; A = agree; AD = neither agree nor disagree; D = disagree and SD = strongly disagree.

Table 1. Summary of the available free or commercial pharmacology software programs and their respective classifications and evaluations.

| Software/Source | Aim/Content | Classification | Outcome* | Results | Reference |
|--|---|--|---|---|---|
| Strathclyde package | Pharmacological experiments | Simulations | Staff and student perception | Positive perception of staff and students | (Zlotos, Kayne, Thompson, Kane, & Boyter, 2010) |
| KeePad system | General pharmacology (non-medical prescribing course) | Exercises (audience response system) | Student perception | Positive perception | (Lynn & Mostyn, 2010) |
| Audience response system | Case-based discussions (veterinary pharmacology) | Exercises | Exam results and active learning environment | Increased motivation without improvement in long-term retention | (Doucet, Vrins, & Harvey, 2009) |
| Podcast | Non-medical prescribing course | Lectures | Perception and exam results | Positive perception with grade improvement | (Meade, Bowskill, & Lynn, 2009) |
| Hopital de la Croix-Rousse <i>X-cology</i> | Drug interaction consequences and side-effects To minimize use of experimental animals | Tutorials Simulations | Descriptive Descriptive and perception | - Positive perception | (Auzeric et al., 2009) (Patil, 2007) |
| University of Toronto | Pharmacological management of cardiac arrhythmias | Virtual reality practice situations (simulation) | Perception and exam results | Positive perception with grade improvement | (Morgan, et al., 2006) |
| J W Goethe-University | PK-PD models | Simulations | Descriptive | - | (Lotsch, Kobal, & Geisslinger, 2004) |
| CD-ROM "Tox-Didact" | General toxicology and pharmacology | Tutorials and exercises | Descriptive | - | (Ortega et al., 2000) |
| School of Nursing CDROM | General pharmacology | Clinical scenarios and animated graphics | Descriptive | - | (Manias, Bullock, & Bennett, 1999) |
| RELAX, package software | Neuromuscular blocking | Simulations, tutorials, graphics | Student perception and exam results compared to textbook use | General improvement | (Ohrn, van Oostrom, & van Meurs, 1997) |
| Pharmacology Software Package | General and applied pharmacology | Simulations, animations, tutorials and exercises | Laboratory classes compared to perception and performance related to software use | Positive perception without grade improvement | (Sewell, Stevens, & Lewis, 1996) |
| PharmTest | Pharmacology of affective disorders | Exercises | Software evaluation | - | (Burford, Balfour, & Stevenson, 1993) |
| HyperPharm | General pharmacology | Exercises | Exam results | No difference between groups | (Moore, Waechter, & Aronow, 1991) |

* Outcomes could be either qualitative (student and/or staff perception) and/or empirical (exam results). Some authors only described the software development or use.

Figures

Figure 1.

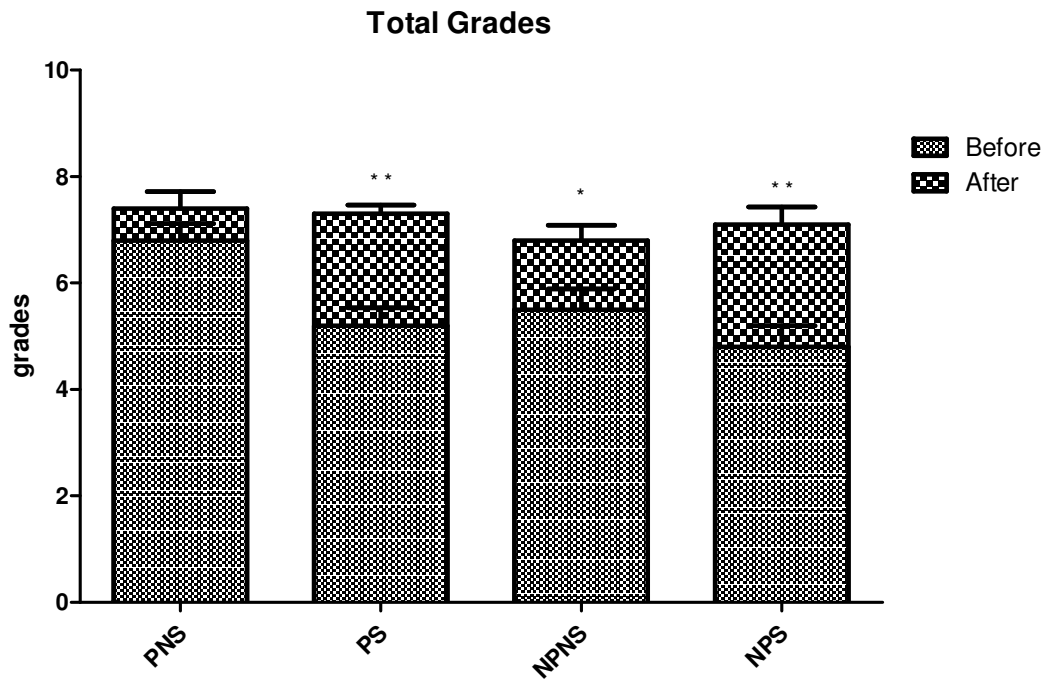


Figure 2.

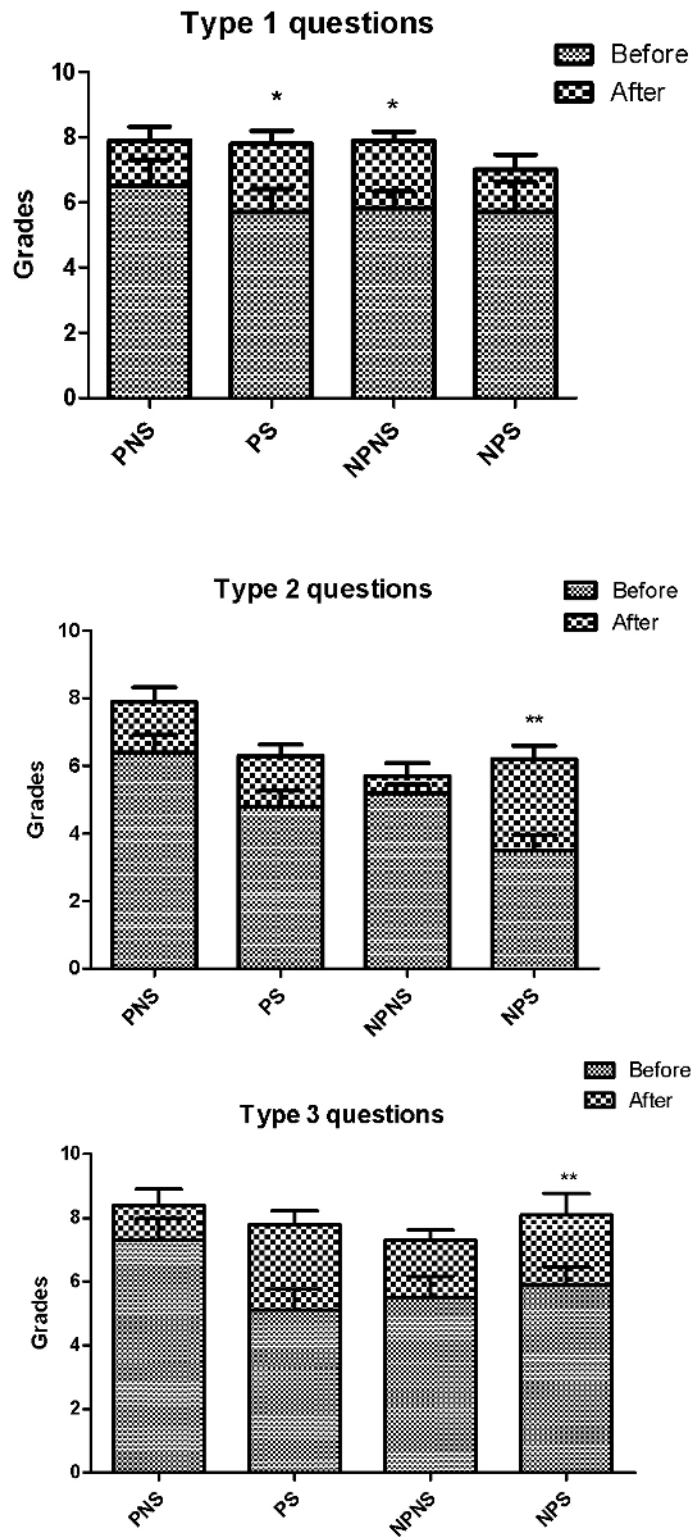


Figure 3.

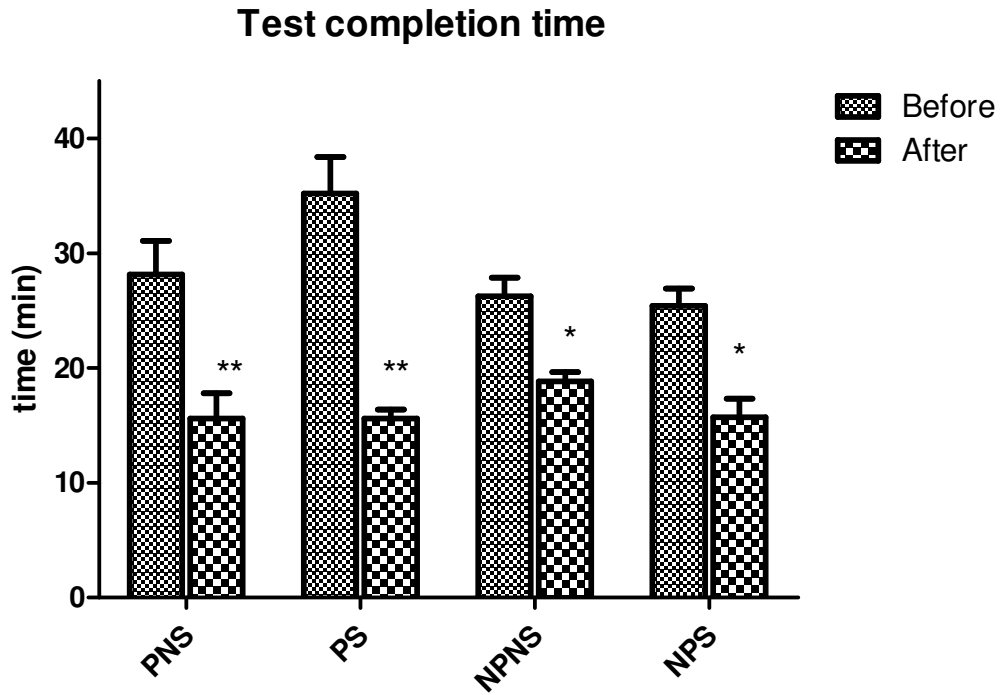


Figure 4.

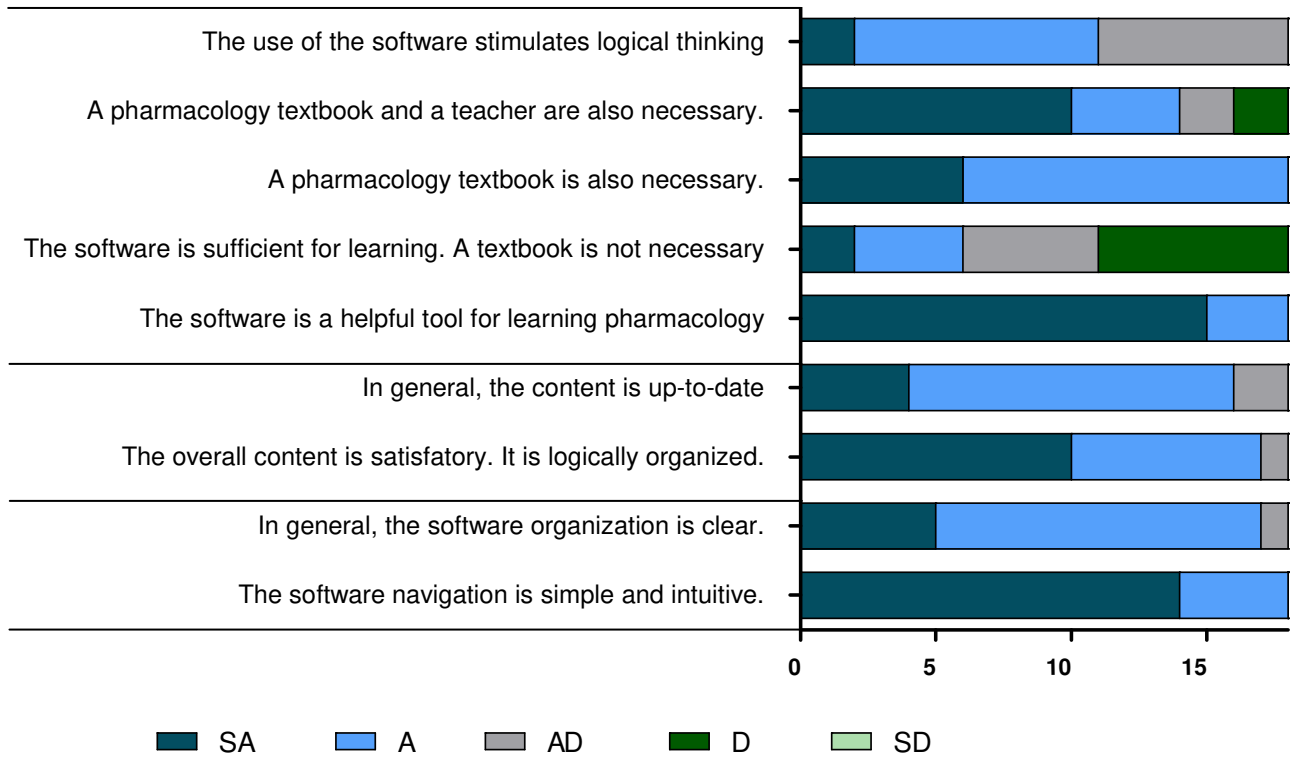
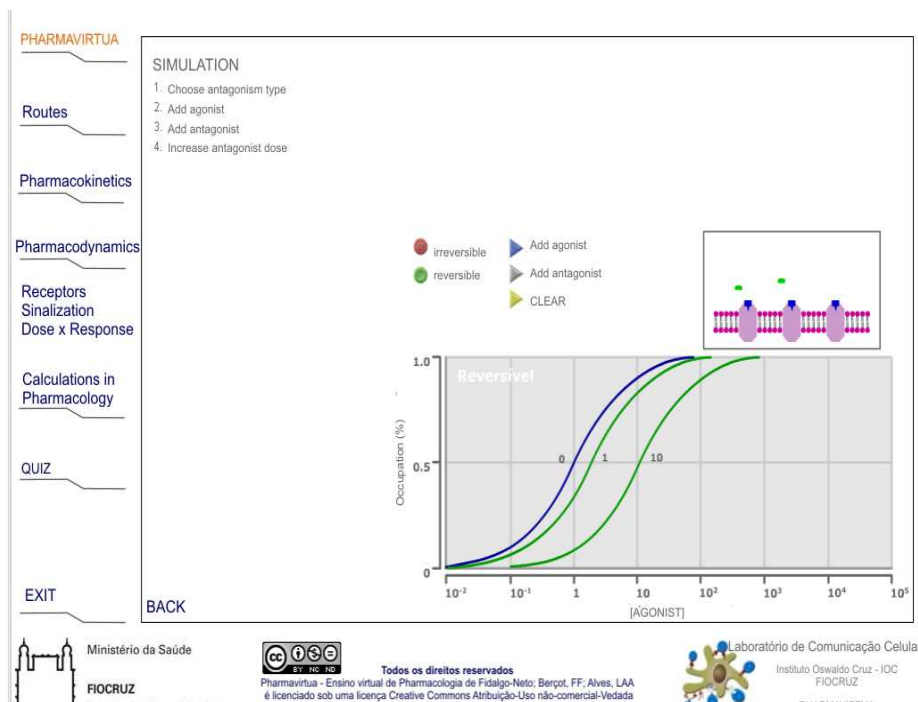


Figure 5.



Figure 6



5. DISCUSSÃO

Este estudo buscou conhecer de modo descritivo e com foco analítico (uso de software educativo em Farmacologia) o uso das tecnologias da informação no contexto educacional. A partir da experiência do nosso grupo com o estudo do uso dos computadores no município de Niterói – RJ (Castro e Alves, 2007), resolvemos ampliar, na forma de uma revisão e pequeno estudo de caso, para o cenário Brasileiro. Assim, foi feita uma breve descrição sobre o uso de computadores no Brasil, nas Escolas e nas Universidades. Em seguida, a partir do objetivo principal de estudar o uso de um software para o ensino e aprendizado da Farmacologia, uma série de perguntas surgiu. Buscamos conhecer sobre as práticas de ensino da Farmacologia nas escolas médicas no Rio de Janeiro, sob uma perspectiva do professor e do aluno. Os resultados obtidos contribuíram sobremaneira para o desenvolvimento do software. Embora, já detalhado no Documento 2, na seção “resultados”, algumas fragilidades foram percebidas no ensino da Farmacologia, dentre elas, a percepção dos alunos da falta de integração entre os conteúdos, de diferentes disciplinas, dentro da mesma disciplina, além da falta de contextualização entre a Farmacologia básica e clínica. Desse modo, a integração passou a fazer parte das preocupações e, como a proposta consistia no desenvolvimento de um software para o ensino do conteúdo básico da Farmacologia, foi resolvido que a integração entre conteúdos seria a principal filosofia para o seu desenvolvimento.

No Documento 3, inspirado nos resultados do estudo anterior, buscou-se conhecer sobre a percepção dos professores quanto à interdisciplinaridade, sua aplicação e as relações com a formação docente. E, finalmente, o último (Documento 4) trazendo os resultados do uso do software, por alunos de cursos de graduação da área biomédica.

Uso das Tecnologias da Informação no Cenário Educacional Brasileiro

No Brasil, o uso de computadores e todos os recursos a eles relacionados, já podem ser considerados uma realidade. Mesmo com as grandes diferenças, tradicionais no cenário brasileiro, o ambiente educacional, público e privado, primário, secundário e superior, já utilizam tais recursos. Não obstante, são mais comuns os investimentos e as ações numa ótica mais quantitativa do que qualitativa. Há uma significativa preocupação em ter os computadores, construir os laboratórios, prover acesso à Internet

e, por outro lado, como utilizar, o que acessar, que tipos de conteúdos trabalhar e o modo com que se deve trabalhar, parece não ser relevante nesse momento. O uso das tecnologias da informação na educação, não pode estar associado a pesquisas na Internet, uso de processadores de texto para a preparação de pesquisas, ou qualquer outra atividade sem que exista uma estratégia educacional com bases definidas. Mesmo assim, parece existir uma percepção, por parte dos alunos, professores e educadores de modo geral, de que o uso dos computadores e toda a tecnologia relacionada favorece o aprendizado trazendo uma série de vantagens para o contexto educacional (Molenda e Bichelmeyer, 2005; Can e Cagiltay, 2006; Castro e Alves, 2007). Por outro lado, também se observa uma série de inseguranças quanto ao uso por parte dos professores. Nesse sentido, anseios sobre a manutenção da autoridade em sala de aula, baixo conhecimento sobre o recurso a ser utilizado, desconhecimento das formas de avaliação nesse novo ambiente são alguns dos argumentos sobre a resistência ao uso por parte de alguns professores (Can e Cagiltay, 2006). No sentido contrário à percepção positiva sobre o uso dos computadores e seus recursos, alguns resultados podem ser encontrados na literatura. Uso excessivo dos computadores, Internet, influência da classe sócio-econômica entre outros já foram apontados como prejudiciais ao aprendizado (Wainer *et al.*, 2008).

Na mesma perspectiva, pesquisas são necessárias para que a utilização dos recursos das tecnologias da informação sejam realmente úteis na formação dos nossos alunos. Proporcionalmente, poucos estudos podem ser encontrados na literatura nacional e internacional sobre a efetividade dessas tecnologias. Além disso, sua determinação, ainda é um desafio, e necessita de um entendimento multifacetado e complexo de relações contextuais (Hastings, 2009). Professores, alunos, instituições, poder público e sociedade fazem parte dessa intrincada rede, que determina o uso e a efetividade dessas tecnologias. A simples substituição das práticas tradicionais por aquelas que utilizam as tecnologias da informação deve sofrer maiores reflexões. É plausível que no momento em que se conhece o impacto e a efetividade do uso dessas tecnologias – e se elas são positivas – uma série de políticas e ações devem ser realizadas no sentido da sua implementação. Contudo, os estudos na área ainda não foram capazes de montar nenhum cenário determinante, com muitos resultados ainda controversos (Amiel, 2006; Dwyer *et al.*, 2007; Dynarski *et al.*, 2007; Wainer *et al.*,

2008). É uma realidade global o maciço investimento para a aquisição desses recursos. Nos EUA a introdução e adoção de tecnologias educacionais no K12 já vêm acontecendo há décadas (Trotter, 2007), e neste mesmo país relatórios governamentais indicam gastos anuais na ordem de 7,8 bilhões de dólares com tecnologias educacionais de um modo geral (Ash, 2009).

Dessa forma, parece relevante o aprofundamento da relação Educação x Tecnologias da Informação, sua análise, e posterior tomada de decisão no sentido de se investir – ou não – no seu uso. Paradoxalmente, observamos o caminho contrário, onde há o aporte de muito investimento e a contrapartida não é a qualidade da educação.

O conceito de tecnologias da informação é muito amplo. Vários recursos e aplicações podem ser utilizadas nos mais variados ambientes. A Tecnologia da Informação pode ser definida como um conjunto de todas as atividades e soluções providas por recursos de computação e informática. É interessante mencionar que áreas como financeira, planejamento, imprensa e muitas outras são atualmente dependentes dessas tecnologias. O seu desenvolvimento transformou a comunicação pessoal e a institucional, através de programas de processamento de texto, de formação de bancos de dados, de editoração eletrônica, bem como de tecnologias que permitem a transmissão de documentos, envio de mensagens e arquivos, assim como consultas a computadores remotos via redes internacionais. Dentro dessas tecnologias e no contexto educativo temos os equipamentos, os computadores, os simuladores, os computadores portáteis, os quadros interativos, os *tablets* e todo o arcabouço lógico para a interface máquina x usuário que são os softwares.

Como já apresentado anteriormente, existe um grande número de softwares, desenvolvidos sob várias abordagens, com vários objetivos e características.

A partir de tamanha diversidade, foi dado foco aos softwares como um dos recursos dentro das tecnologias da informação, especialmente para o ensino da Farmacologia.

Farmacologia, Interdisciplinaridade e Software

A Farmacologia é uma ciência crítica na formação profissional de médicos, de enfermeiros, de dentistas, de farmacêuticos, de nutricionistas, de fisioterapeutas e outros da área biomédica e, por conseguinte, apresenta impacto direto na sociedade. A

literatura internacional apresenta vários indícios que apontam uma necessidade de revisão das práticas de ensino em Farmacologia (British Pharmacological Society and Physiological Society 2006; Kwan 2002; Faingold and Dunaway 2002; Kwan 2004; Hughes 2003). Existem vários relatos de erros na administração de medicamentos, como por exemplo, anestésicos (Wheeler and Wheeler 2005), equívocos na manipulação de medicamentos (Wheeler et al. 2004), erros de prescrição (Castilho, Paixão, and Perini 1999; Battellino and Bennun 1993) entre outros. Além disso, existe uma escassez de informações relacionadas a esse tema na literatura brasileira. Contudo, a realidade não parece ser diferente das descrições acima. Estudo nesse campo foi mostrado pela Universidade Federal do Paraná que sugeriu a existência de falhas no modelo de ensino dos cursos de farmácia e discute especialmente a importância da adequação do ensino da Farmacologia às reais necessidades da profissão (Rapkiewicz, Trebien, and Boerngen-Lacerda 2006). Outro dado importante pode ser observado em um estudo realizado em 2005, na Escola de Medicina da Universidade de São Paulo mostrando que a maioria dos efeitos adversos apresentados por pacientes hospitalizados estavam relacionados a prescrições equivocadas (Passarelli, Jacob-Filho, and Figueiras 2005). Nesse contexto, o Documento 2 apresenta alguns dados sobre as práticas de ensino da Farmacologia nas escolas médicas do Rio de Janeiro. Professores e alunos responderam a questionários contendo perguntas sobre o grau de motivação para o estudo da disciplina, tipo preferencial das aulas (expositivas, casos clínicos, problematização etc.), bibliografia utilizada, aulas práticas, recursos tecnológicos, dificuldades encontradas entre outros para os alunos e para os professores, além de algumas também feitas aos alunos, tais como, as estratégias utilizadas em sala de aula, o nível de dificuldade e o desempenho médio dos alunos etc. Possivelmente, os resultados mais importantes, e que talvez tenham influenciado todo o desfecho dos estudos subsequentes, foram a baixa motivação dos alunos quanto à disciplina e a falta de percepção quanto à integração entre a Farmacologia e as suas disciplinas relacionadas, assim como a incapacidade de integrar os conceitos da Farmacologia com a prática clínica.

Os alunos, de modo geral, não percebiam a influência da bioquímica, fisiologia e outras, para o melhor entendimento dos conceitos farmacológicos, além de serem incapazes de associar os conhecimentos aprendidos com a prática clínica – muito

embora, a maioria dos professores tivesse afirmado que era comum a integração destes conceitos. Possivelmente, as práticas desenvolvidas em sala de aula e a incapacidade de integração entre conceitos resultem na acentuada desmotivação, apontada por uma grande maioria dos alunos (detalhes dos resultados podem ser encontrados no Documento 2 na seção “resultados”). Dessa forma, a integração foi entendida como um aspecto central em relação às perspectivas de mudança das práticas de ensino em Farmacologia. A integração vem então na forma dos conceitos da interdisciplinaridade, tão discutida no cenário educacional brasileiro e já discutida na introdução deste estudo.

Outros pontos de interesse foram o baixo uso de recursos envolvendo as tecnologias da informação – somente uma universidade das estudadas relatou o uso – e praticamente a ausência de aulas práticas e o uso de animais. Sob o ponto de vista das tecnologias disponíveis, especialmente para o ensino da Farmacologia, existem vários recursos tais como simulações, exercícios, práticas virtuais entre outros. Tais recursos já se encontram disponíveis há algum tempo e são amplamente utilizados no ensino da Farmacologia. Em 2005, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) junto à Sociedade Brasileira de Farmacologia e Terapêutica Experimental (SBFTE) licenciaram o uso de um pacote de softwares produzidos pela Sociedade Britânica de Farmacologia, em parceria com a *Sheffield Bioscience Programs* denominado *Pharma-CAL-ogy*. Esse pacote é formado por 68 programas tutoriais e simuladores em inglês, que abordam conteúdos como metabolismo e ação das drogas, neurofarmacologia, sistema cardiovascular, asma, inflamação dentre outros. A licença foi disponibilizada a 41 instituições de pesquisa, ensino e agências regulatórias no Brasil. A expectativa era tornar o ensino da Farmacologia mais dinâmico aos cursos de pós-graduação em Farmacologia, bem como os de graduação em Medicina, Farmácia, Odontologia, Enfermagem, Nutrição, Fisioterapia, e outros da área biomédica em diferentes regiões do Brasil. Não conseguimos obter informações concretas sobre o uso desses recursos, em vários centros contemplados com a licença.

Da mesma forma, o uso dos muitos recursos já disponíveis para o ensino da Farmacologia, poderia servir como alternativa às práticas com animais, pouco exploradas nas escolas médicas participantes deste estudo. Modelos animais são muito importantes para a Farmacologia experimental. Não existem, atualmente, modelos alternativos – sem uso de animais – que possam substituir os tradicionais, de modo tão

confiável. É fato que resultados em Farmacologia experimental, obtidos a partir de modelos animais, não podem ser estritamente extrapolados para o homem, contudo, um maior grau de insegurança é atribuído quando estes modelos não são utilizados. Nesse sentido, práticas com animais de laboratório são importantes na formação em Farmacologia, contudo, vêm sofrendo muitas pressões da sociedade e da própria comunidade científica para que sejam mais racionais e humanas. Com base nisso, as tecnologias da informação podem ser então uma alternativa razoável ao uso de animais de laboratório. A substituição por completo do uso de animais, mesmo no ambiente acadêmico, por enquanto, não é possível, considerando a limitação tecnológica existente – softwares simuladores e outras ferramentas – mas com certeza, é útil no sentido da racionalização do uso de animais (Dewhurst, 2007; Dewhurst e Kojic, 2011).

A literatura internacional aponta vários problemas em relação à prescrição de medicamentos, efeitos adversos, entre outros que podem ser resultado de problemas na formação farmacológica. O Documento 2 não buscou estudar os impactos do ensino da Farmacologia nas práticas médicas, buscou apenas descrever as práticas no ensino da Farmacologia nas escolas médicas do Rio de Janeiro, contudo, é possível projetar, a partir dos resultados encontrados, tais problemas são igualmente possíveis. No momento que a integração entre a Farmacologia básica e a clínica não é claramente percebida pelos alunos poderíamos esperar os mesmos resultados apontados na literatura à nossa realidade. Embora relevante esse tipo de estudo é escasso no cenário brasileiro. Existe uma clara percepção, oriunda principalmente da grande imprensa, sobre problemas nas práticas médicas, e muitos deles, envolvendo a formação em Farmacologia. O problema apresenta maior complexidade, que ultrapassa os limites do ensino em Farmacologia, envolvendo todo o ensino médico, incluindo, além da medicina, a enfermagem, a farmácia entre outros. É digno de nota que a formação técnica (nível médio), como por exemplo, os cursos de formação de técnicos em enfermagem, possuem grande complexidade. Dessa forma se torna importante o fomento de mais estudos sistemáticos sobre os impactos da formação dos profissionais de saúde em geral sobre as práticas médicas e a sociedade.

Em observância a essas informações, a interdisciplinaridade, considerada como objetivo principal para a construção de um ensino de Farmacologia mais efetivo, se tornou o foco para o desenvolvimento do software. Além disso, buscamos conhecer

mais sobre a percepção dos professores e a aplicação efetiva de um currículo mais integrado.

É evidente que as disciplinas de toda ordem ajudaram ao avanço do conhecimento e são insubstituíveis (Morin, 2000). Contudo, esse paradigma já não é mais observado na produção do conhecimento. É preciso ter uma visão capaz de situar o conjunto. É necessário dizer que não é a quantidade de informações, nem a sofisticação em Matemática, que podem dar sozinhas um conhecimento pertinente, mas sim a capacidade de colocar o conhecimento em um contexto mais amplo (Morin, 2000). Entretanto, parece que o paradigma disciplinar ainda é vigente no sistema educacional, e mesmo com a consciência das necessidades de mudança, observamos grandes dificuldades na elaboração do pensamento e da execução de práticas interdisciplinares no cotidiano da educação escolar. Sabemos ainda, que momento em que se percebe a necessidade de múltiplas competências no mundo das ciências e da produção de conhecimento surge então a condição paradoxal entre o modelo educacional disciplinar, e, do outro lado, os profissionais que são exigidos além das fronteiras disciplinares. Vale lembrar, que aprender a pensar criticamente, analisar e sintetizar informações para solucionar problemas nos mais variados contextos, trabalhar efetivamente em equipe são habilidades imprescindíveis na atualidade. Porém, existem poucas evidências da adequação dos sistemas educacionais vigentes neste sentido (Harper et al., 2000).

Além disso, foi possível perceber que mesmo com discussões antigas – década de 1970 no Brasil – a interdisciplinaridade não faz parte da formação dos nossos professores, não é conhecida pela maioria, e menos ainda, não é utilizada. Num ponto seguinte podemos dizer que a capacidade de integrar conhecimentos em sala de aula ainda não faz parte das habilidades da maioria dos nossos professores nos vários segmentos da educação. Em virtude disso, encontramos alunos com grande dificuldade de entender o seu currículo de uma forma integrada. É importante destacar que não há a percepção por parte dos alunos, de que os conteúdos se relacionam e fazem parte de um todo. Por outro lado, muitas das metodologias ativas de ensino, já implementadas em alguns países incluindo o Brasil, se apóiam em práticas integradas.

Assim, diante dessas afirmativas, surgiu o modelo de estudo: a importância das práticas integradas amplamente discutidas e de difícil implementação, e do outro lado, a

Farmacologia, importante ciência do currículo das áreas biológicas e da saúde, essencialmente interdisciplinar.

A partir da revisão da literatura podemos perceber que não há uma preocupação primária com o desenvolvimento de softwares baseados em filosofias e estratégias pedagógicas. Muitas vezes os softwares educacionais, produzidos com objetivos puramente comerciais, não apresentam referenciais teóricos, nem tampouco são testados quanto à sua efetividade para o ensino e aprendizagem. Sob esse ponto de vista, e com dados que apontavam a baixa qualidade no ensino da Farmacologia foi percebida a necessidade da elaboração de um recurso, que pudesse ser capaz de auxiliar no ensino e melhorar a aprendizagem desta ciência. A experiência de que a Farmacologia é uma ciência interdisciplinar em sua essência, fez com que esta passasse a ser o foco para o desenvolvimento do software.

Efetividade do uso do Software

Da mesma forma que o uso das tecnologias da informação na educação ainda apresenta resultados contraditórios, especificamente o uso de softwares e seus impactos também merecem maior aprofundamento.

A escolha sobre o software educacional não deve ser determinada por razões políticas ou econômicas e sim, essencialmente acadêmicas. Por outro lado, uma série de inseguranças e pouco conhecimento específico dificultam a implementação e o uso de tais recursos. A simples presença da nova tecnologia fora do sistema educacional não justifica a introdução prematura do produto no ambiente acadêmico, antes do desenvolvimento de conceitos e de estratégias didáticas adequadas. Infelizmente, falta ao professor informação para a tomada de decisão sobre o uso de softwares educacionais. Apesar disso, existem alguns critérios que poderiam ser considerados para a escolha do recurso. Os softwares deveriam possuir concepções sócio-psico-pedagógicas claras e definidas, além de ser tecnicamente bem elaborado. É interessante mencionar que uso das tecnologias da informação não está centralizado no computador como objeto de estudo, mas sim como estes podem servir para a construção dos conhecimentos (Valente *et al.*, 2001). Dessa forma, para atender aos objetivos educacionais previamente estabelecidos e, visando à sua efetividade pedagógica, é necessário que seu desenvolvimento conte com uma série de particularidades. Além

disso, como qualquer software, "os educacionais" possuem pontos fortes e limitações. Em virtude disso, é importante reconhecer quando um software é adequado para os objetivos curriculares pretendidos, podendo integrar-se, dessa forma ao contexto educacional. É nesse sentido que a utilização dos computadores, especialmente os softwares educativos, se contextualiza somente quando são concebidos como uma ferramenta de auxílio às atividades didático-pedagógicas, como instrumento de planejamento e de realização de projetos integrados (Teixeira e Brandão, 2003).

Outro ponto de relevância está relacionado com o desenvolvimento de softwares educacionais por possuírem características particulares, que diferem essencialmente daqueles estritamente para fins comerciais. Nesse sentido, é crucial que a equipe de desenvolvimento seja no mínimo multidisciplinar, e que os aspectos pedagógicos ocupem os objetivos primários do desenvolvimento. Obviamente, quando se trata do desenvolvimento de aplicativos, uma mesma equipe multidisciplinar se faz essencial, contudo, as pressões do mercado incidem com maior peso neste segundo segmento de softwares. O software aqui apresentado (incluso) é de uso livre; contudo, seguimos para o seu desenvolvimento, rigoroso planejamento e revisões durante todo o processo. Da forma semelhante, muitas pessoas, de diferentes áreas e visões, participaram da sua concepção e contribuíram de modo relevante ao longo de sua construção.

Durante o processo de desenvolvimento, módulos do programa foram testados em experimentos-piloto, especialmente com o propósito de perceber a resposta dos alunos quanto ao uso desta ferramenta. De modo geral, os resultados dos testes-piloto foram positivos e possibilitaram o constante ajuste durante o processo de desenvolvimento (dados não apresentados).

Cabe ressaltar que os processos de avaliação de softwares são motivo de muita discussão na literatura específica. É possível que nenhuma metodologia até hoje proposta esteja livre de erros e produza resultados livres de equívocos (Squires e Preece, 1999; Hinostroza e Mellar, 2001; Campos, 2005; Dynarski *et al.*, 2007). Optamos por duas metodologias: aquelas onde as notas dos alunos serviram como uma medida do aprendizado, e outra, avaliando o mesmo aluno, quanto aos aspectos motivacionais e a sua percepção sobre o aprendizado a partir do uso do software.

Os alunos que utilizaram o software apresentaram melhora significativa nas notas dos testes, quando comparados aos alunos que não o utilizaram ao longo do curso.

Além disso, levaram menos tempo na execução dos testes. Mesmo os alunos que participaram somente das aulas expositivas, sem a utilização do software, apresentaram melhora nas notas; contudo, aqueles que utilizaram o software ainda se diferenciaram. Essa diferença se deve, principalmente, a um maior número de elementos utilizados pelo software, que não são, muitas vezes fáceis de serem utilizados em aulas expositivas tradicionais. A possibilidade de utilização da multimídia, a partir de softwares educacionais parece contribuir de modo significativo na facilitação do aprendizado (Harp e Mayer, 1998; Mayer e Moreno, 1998). Um recente estudo sobre o ensino de ciências demonstrou resultados positivos na aprendizagem quando animações e vídeos eram utilizados, comparando com alunos que tiveram o mesmo conteúdo apresentado na forma tradicional – aulas expositivas, e uso de imagens (estáticas) (Barak *et al.*, 2011). Sabemos ainda que outros autores também mostraram que o uso de recursos de software, tais como, animações e simulações resultam em melhora na aprendizagem, particularmente em ciências (McClellan *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2011). O uso de tais recursos pode melhorar a compreensão de conceitos relacionados a várias áreas da biologia. Um padrão semelhante pôde ser observado em relação ao ensino da Farmacologia em estudos com o ensino da biologia celular e molecular, utilizando animações e outros recursos mostraram melhora significativa na aprendizagem (Stith, 2004; O'day, 2006). Alguns dos recursos utilizados nesse software já foram objetos de estudo e demonstraram aplicações positivas nos processos de ensino e aprendizagem. Acreditamos que esses recursos contribuam para a promoção e melhoria da capacidade de se estabelecer as representações mentais de conceitos, muitas vezes abstratos e de difícil assimilação (Michael, 2001; Holzinger, 2008). Desse modo, animações, esquemas interativos e simulações podem ser amplamente exploradas através do uso de softwares, como no caso deste, desenvolvido por nosso grupo. O uso das multimídias, através das representações múltiplas, possibilita a exploração de vários estilos de aprendizagem como a auditiva, a visual e a sinestésica (Barak *et al.*, 2011).

Nessa perspectiva, é possível a utilização de vários recursos pedagógicos diferentes nas aulas expositivas; entretanto, acreditamos que as tecnologias da informação tenham um papel facilitador neste processo. Assim, não é necessariamente o uso pelo uso da informática que resultará em benefícios na aprendizagem, e sim a utilização de estratégias pedagógicas – que poderiam ser utilizadas em qualquer

situação – mas que são mais facilmente implementadas com o uso dos softwares educativos.

Ainda em relação às análises quantitativas (notas pré e pós-teste) houve a classificação das questões do teste. Os testes foram divididos em três blocos de questões, resultante da classificação de acordo com os níveis cognitivos de Anderson & Krathwohl (2001). O primeiro grupo chamado de questões do tipo 1 consistiu de questões onde os alunos deveriam lembrar de definições ou significados dos conceitos farmacológicos apresentados ao longo do curso e igualmente presentes no software. As questões do tipo 2, denominadas como questões de entendimento, onde os estudantes deveriam apresentar o entendimento dos conceitos e definições envolvendo Farmacologia e, finalmente, as questões do tipo 3, também chamadas de questões de aplicação. Nesse último grupo, os estudantes deveriam resolver problemas utilizando o entendimento dos conceitos previamente discutidos ao longo do curso e igualmente presentes no software.

As diferenças encontradas em relação à performance dos alunos para as três classes de questões utilizadas são de análise complexa. Possivelmente, as questões do tipo 1 dependam mais do tempo de contato com os conceitos, e da repetição das tarefas do que da forma, dos elementos ou da filosofia pedagógica utilizada. Além disso, a motivação dos alunos poderia contribuir para a repetição, por exemplo, do “QUIZ” presente em nosso software. Acreditamos que a possibilidade de resolver exercícios, muitos deles com as características das questões do tipo 1, facilitaria o armazenamento das informações envolvendo os conceitos farmacológicos discutidos. Por outro lado, há certo consenso que, por exemplo, o uso da problematização e em grau de maior complexidade, atividades em PBL – “*problem-based-learning*” – poderiam ser úteis nas várias formas de aprendizagem e de aplicações dos conhecimentos (Azer, 2008). Entretanto, atividades baseadas em problemas não foram diretamente abordadas em nosso software. Mesmo assim, tais práticas poderiam ser realizadas em um contexto de PBL.

Da mesma forma que os resultados obtidos através das notas dos alunos, a análise qualitativa (escala de *Likert*) também mostrou aspectos positivos quanto ao uso do software. Comparando com a literatura, os nossos dados não apresentaram diferenças quanto à percepção de vantagens sobre o uso das tecnologias da informação. Os dados

objetivos (análise da performance pelas notas) aliado à percepção positiva dos alunos podem contribuir para a melhoria da motivação, e na expectativa com a disciplina.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisas na área de educação em ciências não devem ser diferentes de outras áreas da ciência, que são baseadas em evidências. Dessa forma, esta tese buscou fornecer dados adicionais sobre o desenvolvimento e o uso de um software educacional para o ensino da Farmacologia. De forma mais objetiva:

- Existem várias experiências com o uso das tecnologias da informação no ambiente educacional brasileiro, e em todos os segmentos do ensino, e a grande maioria delas são essencialmente quantitativas;
- O uso das tecnologias da informação no cenário educacional brasileiro ainda deve ser melhor estudado. Mais importante do que ter os recursos é saber se realmente promoverão uma melhoria tanto para o ensino, quanto para a aprendizagem. Quando são utilizados, pouco ou nenhum fundamento pedagógico é considerado;
- O Brasil deveria investir mais em pesquisa e desenvolvimento destas tecnologias;
- Existe a percepção por parte dos professores de que as práticas integradas trazem benefícios para a aprendizagem, mesmo que a interdisciplinaridade ainda não faça parte da formação dos nossos docentes, e possivelmente por isso que ainda esteja longe de ser uma realidade em sala de aula;
- O ensino da Farmacologia precisa sofrer alterações, como por exemplo, levar para a sala de aula um conteúdo contextualizado. Acreditamos que o uso das tecnologias da informação possa contribuir nesta prática;
- O uso do software trouxe benefícios práticos para o aprendizado da Farmacologia, quando as notas foram utilizadas como medida de desempenho. Além disso, foi observada também uma percepção positiva em relação às vantagens do uso de tal tecnologia. Nesse caso, o software deverá ser utilizado como auxiliar no ensino da Farmacologia, não sendo capaz – não era o objetivo do estudo – de substituir professores, nem tampouco literatura específica.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIABRASIL. Coordenador garante que 150 mil computadores portáteis chegarão às escolas em 2009. <>. 2009. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2009/02/13/materia.2009-02-13.9890780212/view>>. Acesso em: 11/03/2009.

ALBRECHT, B. et al. **Atividades computacionais na prática educativa de matemática e ciências**. Ministério da Educação, 2001.

ALDE, A. Internet, the press and Brazilian elections: agenda-setting on real time. **Systemics, Cybernetics and Informatics**, v. 4, n. 6, p. 61-66, 2005.

ALVES, N. G.; SILVA-FILHO, M.; LOPES, R. M. Interdisciplinaridade no Ensino Técnico: Um caminho possível. In: VENÂNCIA, E. P. J. (Ed.). **Estudos de Politécnica e Saúde**. Rio de Janeiro: Editora Politécnico, v.3, 2009. cap. 4, p.179-195.

ALVES, N. G.; SILVA-FILHO, M. V. S.; LOPES, R. M. Interdisciplinaridade no ensino técnico: um caminho possível. **Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio.**, v. 3, p. 179-195, 2009.

AMIEL, T. Mistaking Computer for Technology: Technology Literacy and Digital Divide. **AACE Journal**, v. 14, n. 3, p. 235-256, 2006.

ARAÚJO, K. T. M.; GOULART, E. E. Um estudo sobre a utilização das TIC's na região de Santo André. **Revista Ibero-americana de Educação**, v. 38, n. 3, p. 1-10, 2006.

ARAÚJO, U. F.; ARANTES, V. A. Comunidade, conhecimento e resolução de problemas: o projeto acadêmico da USP Leste. In: ARAÚJO, U. F. e SASTRE, G. (Ed.). **Aprendizagem Baseada em Problemas**. São Paulo: Summus, v.1, 2009. p.101-121.

ARMSTRONG, V. Collaborative research methodology for investigating teaching and learning: the use of interactive whiteboard technology. **Educational Review**, v. 57, n. 4, p. 12, 2005.

ASH, K. Experts Debate Cost Savings of Virtual Education **Education Week**, v. 28, n. 25, p. 3, 2009.

AUGUSTO, T. G. S. et al. Interdisciplinaridade: Concepções de professores da área das ciências da natureza em formação em serviço. **Ciência e Educação**, v. 10, n. 2, p. 277-289, 2004.

AZER, S. A. Facilitation of Students' Discussion in Problem-based Learning Tutorials to Create Mechanisms: The Use of Five Key Questions. **Ann Acad Med Singapore**, v. 34, p. 7, 2008.

BALDIN, Y. Y. Uma nova disciplina no currículo de licenciatura em matemática: Informática aplicada ao ensino. Bienal da Sociedade Brasileira de Matemática, 2003. Bienal da Sociedade Brasileira de Matemática, 2003.

BARAK, M.; ASHKAR, T.; DORI, Y. J. Learning science via animated movies: Its effect on students' thinking and motivation. **Computers & Education**, v. 56, n. 3, p. 839-846, 2011.

BARRETTO, S. F. A. et al. Combining interactivity and improved layout while creating educational software for the Web. **Computers & Education**, v. 40, n. 3, p. 271-284, 2003.

BECKER, H. J.; JASON, R. L.; YAN-TIEN, W. **Teacher and Teacher-Directed Students Use of Computers and Software**. University of California, Center for Research on Information Technology and Organizations. Irvine, CA. 1999. Disponível em: Acesso

BIALEK, W.; BOTSTEIN, D. Introductory Science and Mathematics Education for 21st-Century Biologists. **Science**, v. 303, n. 5659, p. 788-790, 2004.

BORDIEU, P. **A reprodução**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1992.

BRASIL. Ministério da Educação. Parecer do Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. PARECER CNE/CEB No. 15/1998. p. 1-72, 2010/07/22/ 1998.

_____. O desafio de incluir professores. 2008/04/12/ 2006. Disponível em: < www.planoeditorial.com.br/anuariotigoverno/2006/pdfs/PAG_36_37_INCLUSAO_DI_GITAL_educacao.pdf >.

_____. Decreto n. 6.096. 2010/08/03/ 2007. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6096.htm >.

BREITMAN, K. K. **Hiper-Autor: Um Ambiente para Desenvolvimento de Aplicações Hiper-mídia**. 1993. 89 (Master). COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BRUNTON, L. L.; LAZO, J. S.; PARKER, K. L. **Goodman & Gilman: As Bases Farmacológicas da Terapêutica**. McGraw-Hill, 2006.

CAMPOS, G. H. B. A qualidade em software educacional. In: CASA DA CIÊNCIA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 2005. 96, 1996. p.1-4.

CAN, G.; CAGILTAY, K. Turkish Prospective Teachers' Perceptions Regarding the Use of Computer Games with Educational Features. **Educational Technology & Society**, v. 9, n. 1, p. 13, 2006.

CARVALHO, M. S. R. M.; CUKIERMAN, H. L. **The Internet trajectory in Brazil: From the dawn of computer networking to the institution of its governance mechanisms.** 2006. 1-256 (Master degree dissertation -). UFRJ, Systems and Computer Engineering Department

CASTRO, C. M. Education in the information age: Promises and Frustrations. **Techknowlogia**, v. 9, p. 39-42, 1999.

CASTRO, M. F. A.; ALVES, L. A. The implementation and use of computers in education in Brazil: Niteroi city/Rio de Janeiro. **Computers & Education**, v. 49, n. 4, p. 1378-1386, 2007.

CASTRO, M. H. G. Education for the 21st Century: The challenge of Quality and Equity. In: ROCHA, C. E. (Ed.). **Transition to Global Sustainability: the contribution of Brazilian Science.**, 2000.

CHAVES, A. S. et al. **Subsídios para a Reforma da Educação Superior.** Brazilian Academy of Science. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Science: 1-40 p. 2004.

CHOMSKY, N. A Review of B. F. Skinner's Verbal Behavior. In: JAKOBOVITS, L. A. e MIRON, M. S. (Ed.). **Readings in the Psychology of Language:** Prentice-Hall, 1967. p.142-143.

DE OLIVEIRA, O. L.; BARANAUSKAS, M. C. The theatre through the computer. **Computers & Education**, v. 34, n. 3-4, p. 321-325, 2000.

DEVELAKI, M. Social and ethical dimension of the natural sciences, complex problems of the age, interdisciplinarity, and the contribution of education. **Science & Education**, v. 17, p. 873-888, 2008.

DEWEY, J. **Democracia e educação: introdução à filosofia da educação.** 4. São Paulo: Editora Nacional, 1979.

DEWHURST, D. Is it possible to meet the learning objectives of undergraduate pharmacology classes with non-animal models? **Proc. 6th World Congress on Alternatives & Animal Use in the Life Sciences**, v. 14, p. 6, 2007.

DEWHURST, D. G.; KOJIC, Z. Z. Replacing animal use in physiology and pharmacology teaching in selected universities in Eastern Europe--charting a way forward. **Altern Lab Anim**, v. 39, n. 1, p. 15-22, Mar 2011.

DWYER, T. et al. Revealing Myths: Computers and School Performance. **Educ.Soc.Campinas**, v. 28, n. 101, p. 1303-1328, 2007.

DYNARSKI, M. et al. Effectiveness of Reading and Mathematics Software Products: Findings from the First Student Cohort. In: DEPARTMENT OF EDUCATION, I. O. E. S., 2007. Washington, D.C.: U.S. p.140.

EYSENCK, M.; KEANE, M. **Cognitive Psychology: a student's handbook**. London: 1994.

FAZENDA, I. C. A. La formation des enseignants pour l'interdisciplinarité: une synthèse de recherches effectuées au Brésil. **Revue des sciences de l'éducation**, v. XXIV, n. 1, p. 19, 1998.

FERRER, F.; BELVÍS, E.; PÀMIÉS, J. Tablet PCs, academic results and educational inequalities. **Computers & Education**, v. 56, n. 1, p. 280-288, 2011.

FIDALGO-NETO, A. A. et al. The use of computers in Brazilian primary and secondary schools. **Computers & Education**, v. 53, n. 3, p. 677, 2009.

FITZPATRICK, K. A. An investigative laboratory course in human physiology using computer technology and collaborative writing. **Adv.Physiol Educ.**, v. 28, n. 1-4, p. 112-119, 2004.

FLYN, R. R. **Computer Sciences: Ideas and Peoples**. New York: The Macmillan Science Library, 2002. 5-12

GARCIA, J. Notas Sobre o Professor Interdisciplinar. **Educação Temática Digital**, v. 5, n. 2, p. 42-57, 2004.

GARCIA, L. G. **Softwares Educacionais - Filosofia da Educação**. Programa Especial de Treinamento - Ciências da Computação. Santa Catarina: UFSC: 4 p. 2003.

GATTI, B. A.; BARRETO, E. S. **Professores do Brasil: impasses e desafios**. Brasília, p.1-294. 2009. Disponível em: Acesso

GIORDAN, M. O computador na educação em ciências: Breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. **Ciência e Educação**, v. 11, n. 2, p. 279-304, 2005.

GIRAFFA, L. M. M. A classificação dos softwares educacionais: Nós necessitamos mesmo de uma taxonomia? , 1999. Disponível em: < <http://www.edukbr.com.br/portal.asp> >.

GOMES, A. S. Referencial Teórico Construtivista para Avaliação de Software Educativo. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 16, n. 2, p. 13, 2008.

GUNN, J.; KING, B. Trouble in Paradise: Power, Conflict, and Community in an Interdisciplinary Teaching Team. **Urban Education**, v. 38, n. 2, p. 173-195, 2003.

HAMBURGER, E. W. et al. **Ensino de Ciências e Educação Básica: propostas para um sistema em crise**. Academia Brasileira de Ciências. p.1-47. 2007. Disponível em: Acesso

HANNAN, A. Innovative in higher education: contexts for change in learning technology. **British Journal of Educational Technology**, v. 36, n. 6, p. 975-985, 2005.

HARP, S. F.; MAYER, R. E. How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. **Journal of Educational Psychology**, v. 90, n. 3, p. 414-434, Sep 1998.

HARPER, B.; HEDBERG, J. G.; WRIGHT, R. Who benefits from virtuality? **Computers & Education**, v. 34, n. 3-4, p. 163-176, 2000.

HASTINGS, T. A. **Factors that predict quality classroom technology use**. 2009. 197 (Doctor of Education). Graduate College of Bowling Green State University

HENNESSY, S. Pedagogical strategies for using the interactive whiteboard to foster learner participation in school science. **Learning Media and Technology**, v. 32, n. 3, p. 28, 2007.

HENNESSY, S.; WARWICK, P.; MERCER, N. A dialogic inquiry approach to working with teachers in developing classroom dialogue. **Teachers College Record**, v. 113, n. 9, 2011.

HINOSTROZA, E. et al. DEVELOPING EDUCATIONAL SOFTWARE: A PROFESSIONAL TOOL PERSPECTIVE. **Education and Information Technologies**, v. 5, n. 2, p. 103-117, 2000.

HINOSTROZA, J. E.; MELLAR, H. Pedagogy embedded in educational software design: report of a case study. **Computers & Education**, v. 37, n. 1, p. 27-40, 2001.

HMELO-SILVER, C. E. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? **Educational Psychology Review.**, v. 16, n. 3, p. 235-266, 2004.

HÖFFLER, T. N.; LEUTNER, D. Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. **Learning and Instruction**, v. 17, n. 6, p. 722-738, 2007.

HOLZINGER, A., RUST, M.D.K., WASSERTHEURER, S., HESSINGER, M. Learning performance with interactive simulations in medical education: Lesson learned from results of learning complex physiological models with the HAEMOdynamics SIMulator. **Computers & Education**, v. 52, p. 1-10, 2008.

HOPKINS, L. T. **Integration: Its meaning and application**. New York: Appleton-Century, 1937. 127

HORNBURG, N.; SILVA, R. TEORIAS SOBRE CURRÍCULO. Uma análise para compreensão e mudança. **Revista de divulgação técnico-científica do ICPG**, v. 3, n. 10, p. 6, 2007.

INEP/MEC. Edudata Brasil - Sistema de Estatísticas Educacionais. 2008/03/14/ 2008. Disponível em: < <http://www.edudatabrasil.inep.gov.br/> >.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Imago, 1976.

JUREMA, A. C. L. A.; LIMA, M. E. C.; FILHO, M. J. Using Computers in K-12 Schools: A project presentation and evaluation. Annals of The 7th International Conference on Technology and Distance Learning, 1996. Alagoas/Brazil. 1996. p.1-19.

KATZUNG, B. **Farmacologia Básica e Clínica**. Guanabara Koogan, 2006.

KLEIN, J. T. **Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice** Detroit: Wayne State University, 1990.

KLEIN, J. T. L'éducation primaire, secondaire et postsecondaire aux États-Unis : vers l'unification du discours sur l'interdisciplinarité. **Revue des sciences de l'éducation**, v. 24, n. 1, p. 25, 1998.

KOIZUMI, H. The concept of 'developing the brain': a new natural science for learning and education. **Brain Development**, v. 26, n. 7, p. 434-441, 2004.

KOREY, J. Successful Interdisciplinary Teaching: Making One Plus One Equal One. **Dartmouth College Report**, p. 1-10, 2002.

KWAN, C. Y. Problem-based learning and teaching of medical pharmacology. **Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology**, v. 366, n. 1, p. 10-17, 2002.

KWAN, C. Y. Learning of medical pharmacology via innovation: a personal experience at McMaster and in Asia. **Acta Pharmacol.Sin.**, v. 25, n. 9, p. 1186-1194, 2004.

LANGLEY, J. N. On the reaction of cells and of nerve-endings to certain poisons, chiefly as regards the reaction of striated muscle to nicotine and to curari. **J Physiol**, v. 33, n. 4-5, p. 374-413, Dec 30 1905.

LATTUCA, L. R.; VOIGT, L. J.; FATH, K. Q. Does Interdisciplinarity Promote Learning? Theoretical Support and Researchable Questions. **The Review of Higher Education**, v. 28, n. 1, p. 23-48, 2004.

LATTUCA, R. L. **Creating Interdisciplinarity: Interdisciplinary Research and Teaching Among College and University Faculty**. Nashville: Vanderbilt University Press, 2001.

LEE, Y.-J. Empowering teachers to create educational software: A constructivist approach utilizing Etoys, pair programming and cognitive apprenticeship. **Computers & Education**, v. 56, n. 2, p. 527-538, 2011.

MAMEDE, S.; PENAFORTE, J. **Aprendizagem Baseada em Problemas: Anatomia de uma Abordagem Educacional**. Fortaleza: Hucitec, 2001.

MAYER, R.; MORENO, R. **A Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles**: 10 p. 1998.

MCCLEAN, P. et al. Molecular and Cellular Biology Animations: Development and Impact on Student Learning. **Cell Biology Education**, v. 4, p. 169-179, 2005.

MEC. Diretrizes Gerais - REUNI. 2010/08/03/ 2007. Disponível em: <
<http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/diretrizesreuni.pdf> >.

_____. Matriz de Referência Para o Enem 2009. 2010/07/28/ 2009a. Disponível em: <
http://www.enem.inep.gov.br/pdf/Enem2009_matriz.pdf >.

_____. Programa Ensino Médio Inovador: Documento Orientador. p. 1-29, 2009/07/30/ 2009b. Disponível em: <
http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/documento_orientador.pdf >.

MEIR, E. et al. How effective are simulated molecular-level experiments for teaching diffusion and osmosis? **Cell Biol.Educ**, v. 4, n. 3, p. 235-248, 2005.

MICHAEL, K. Y. The Effect of a Computer Simulation Activity versus a Hands-on Activity on Product Creativity in Technology Education. **Journal of Technology Education**, n. 1, p. 31-43, 2001.

MOLEND, M.; BICHELMAYER, B. **Issues and trends in instructional technology: Slow growth as economy recovers**. ENGLEWOOD, C. L.; Educational Media and Technology Yearbook, p.28. 2005. Disponível em: Acesso

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1999. 195 ISBN 85-12-32140-7.

MORIN, E. **Os Sete Saberes Necessários à Educação do Futuro**. Edições UNESCO. Brasília, DF: UNESCO: 1-115 p. 2000.

MORIN, E. Por uma globalização plural. 2009/05/03/ 2009. Disponível em: <
<http://www.globalizacion.org/biblioteca/MorinGPLural.htm> >.

NIKITINA, S. Three strategies for interdisciplinary teaching: contextualizing, conceptualizing and problem-centring. **Journal of Curriculum Studies**, v. 38, n. 3, p. 251-271, 2006.

NISSANI, M. Ten Cheers for Interdisciplinarity: The Case for Interdisciplinary Knowledge and Research. **The Social Science Journal**, v. 34, n. 2, p. 201-216, 1997.

NOGUEIRA, C. M. M.; NOGUEIRA, M. A. A Sociologia da Educação de Pierre Bourdieu: Limites e Contribuições. **Educação & Sociedade**, v. XXIII, n. 78, p. 22, 2002.

O'DAY, D. H. Animated cell biology: a quick and easy method for making effective, high-quality teaching animations. **CBE Life Sci Educ**, v. 5, n. 3, p. 255-63, Fall 2006.

OECD. **Interdisciplinarity: Problems of Teaching and Research in Universities**. Paris, p.321. 1972. Disponível em: Acesso

OECD/PISA. **Learning for Tomorrow's - First Results from PISA 2003**. Organisation for Economic Cooperation and Development- Programme for International Student Assessment. p.1-471. 2003. Disponível em: http://www.pisa.oecd.org/document/55/0,2340,en_32252351_32236173_33917303_1_1_1_1,00.html; Acesso 2006/09/02/

OLIVEIRA, C. L. D. et al. Expectativas e Reflexões Sobre o Uso do Computador como Recurso Pedagógico. In: VALENTE, J. A. (Ed.). **Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação**. Sao Paulo: NIED - Unicamp, v.1, 1995. p.1-8.

OLIVEIRA, O. L.; BARANAUSKAS, M. C. C. Semiotics as basis for educational software design. **British Journal of Educational Technology**, v. 31, n. 2, p. 7, 2000.

OREY, M. et al. Changing Perspectives: Reflections on Four Years of International-Service Learning in US and Brazil. In: CRAWFORD, C., 2007. Chesapeake, VA. AACE, 2007. p.1813-1815.

PAPERT, S. M. **Logo: Computadores e Educação**. São Paulo: Brasiliense, 1985 135

PERRENOUD, P.; THURLER, M. G. A formação dos professores no século XXI. In: (Ed.). **As competências para ensinar no século XXI**. Porto Alegre: Artmed, 2002. p.11-33.

POZO, J. I. **Teorias Cognitivas da Aprendizagem**. 3 ed. Porto Alegre: 1998.

RANGACHARI, P. K. Basic Sciences in an Integrated Medical Curriculum: The Case of Pharmacology. **Adv Health Sci Educ Theory Pract**, v. 2, n. 2, p. 163-171, 1997.

REEDS, K. M. Renaissance humanism and botany. **Ann Sci**, v. 33, n. 6, p. 519-42, Nov 1976.

RIKERS, R. M. L. P.; BRUM, A. B. H. Introduction to the special issue on innovations in problem-based learning. **Advances in Health Sciences Education**, v. 11, n. 4, p. 315-319, 2006.

ROCHA, A. R.; CAMPOS, G. H. B. D. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SOFTWARE EDUCACIONAL. **Em Aberto**, v. 12, n. 57, p. 13, 1993.

RUSTEN, E.; SUGURI, V. Brazil: Rapid experiential learning program an integrated approach to teacher preparation. **Techknowlogia**, v. 2002, n. october, p. 49-54, 2002.

SALTER, W. T. Medicine as a science: pharmacology. **N Engl J Med**, v. 244, n. 4, p. 136-42, Jan 25 1950a.

SALTER, W. T. Therapeutics and toxicology. **Annu Rev Med**, v. 1, p. 391-418, 1950b.

SANDERS, J.; CURRAN, E. **Software Quality**. New York: 1994.

SANTOS, N. ESTADO DA ARTE EM ESPAÇOS VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 4, p. 20, 1999.

SAVERY, J. Overview of problem-based learning: definitions and distinctions. **The interdisciplinary journal of problem-based learning.**, v. 1, n. 1, p. 9-20, 2006.

SCHEINDLIN, S. A Brief History of Pharmacology. **Modern Drug Discovery**, v. 4, n. 5, p. 87-88, 2001.

SCHIMIDT, E. F. C.; FONSECA, P. C.; ALVES, L. A. A Prática da Interdisciplinariedade em Sala de Aula: Um Estudo Exploratório, Utilizando Vírus como Modelo. **Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. xx, p. 12-24, 2005.

SILVA-FILHO, M. V. et al. Como preparar os professores da educação básica para a aprendizagem baseada em problemas. 2010.

SILVA, J. M. A utilização de laboratórios de informática nas aulas de matemática nas escolas públicas do ensino médio de Taguatinga - DF. 2008/02/29/ 2008. Disponível em: < <http://www.matematica.ucb.br/sites/000/68/00000073.pdf> >. Acesso em: 200.

SMITH, A. Pharmacology in the naughties (editorial). **Trends Pharmacol Sci** v. 21, 2000.

SQUIRES, D.; PREECE, J. Predicting quality in educational software:: Evaluating for learning, usability and the synergy between them. **Interacting with Computers**, v. 11, n. 5, p. 467-483, 1999.

STITH, B. J. Use of animation in teaching cell biology. **Cell Biol.Educ**, v. 3, n. 3, p. 181-188, 2004.

STRAPASSON, B. A. John B. Watson, o cuidado psicológico do infante e da criança: possíveis conseqüências para o movimento behaviorista. **Fractal : Revista de Psicologia**, v. 20, p. 629-636, 2008.

TADMOR, B.; TIDOR, B. Interdisciplinary research and education at the biology-engineering-computer science interface: a perspective (reprinted article). **Drug Discovery Today**, v. 10, n. 23-24, p. 1706-1712, 2005.

TANCREDI, R. M. S. P. Globalização, Qualidade do Ensino e Formação Docente. **Ciência e Educação**, v. 5, n. 2, p. 71-79, 1998.

TATTO, M. T. Education reform and the global regulation of teachers' education, development and work: A cross-cultural analysis. **International Journal of Educational Research**, v. 45, p. 231-241, 2006.

TAVARES, N. R. B. História da informática educacional no Brasil observada a partir de três projetos públicos. **Tecnologias Educativas: Questões teóricas e práticas sobre computador, internet e mídias na educação.**, São Paulo, 2009. Disponível em: < <http://www.quimica.fe.usp.br> >.

TEIXEIRA, A. C.; BRANDÃO, E. J. R. **Software educacional: o difícil começo.** CINTED-UFRGS. 1 2003.

TELLES, A. T.; FERNANDES, D. P.; JÚNIOR, V. F. O. Quebrando Paradigmas na Educação com o uso da Tecnologia. II Congresso Nacional em Educação e Tecnologias Digitais e IV Semana de Matemática, 2006. Ji-Paraná /RO. Unir, 2006. p.16-25.

TEODORO, A. **GLOBALIZAÇÃO E EDUCAÇÃO: políticas educacionais e novos modos de governação.** São Paulo: Instituto Paulo Freire, 2003. 168

TORNAGHI, A. **MULEC – “MULTi-Editor Cooperativo para Aprendizagem”.** 1995. 123 (Master). COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TRIANAFYLLAKOS, G.; PALAIGEORGIOU, G.; TSOUKALAS, I. A. Designing educational software with students through collaborative design games: The We!Design&Play framework. **Computers & Education**, v. 56, n. 1, p. 227-242, Jan 2011.

TROTTER, A. Technology Counts '07: A digital decade. Getting up to speed. . **Education Week**, v. 26, p. 3, 2007.

VALENTE, J. A. Formação de Profissionais na área de informática. In: VALENTE, J. A. (Ed.). **Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação.** São Paulo: NIED - Unicamp, v.1, 1995. p.3-18.

VALENTE, J. A. et al. **O computador na sociedade do conhecimento.** Ministério da Educação (Education Ministry)- Brazil, 2001.

VYGOTSKI, L. S. **A formação social da mente.** 4. São Paulo - SP: 1991. 153

WAINER, J. et al. Too much computer and Internet use is bad for your grades, especially if you are young and poor: Results from the 2001 Brazilian SAEB. **Computers & Education**, v. 51, p. 1417-1429, 2008.

WANG, P.-Y.; VAUGHN, B. K.; LIU, M. The impact of animation interactivity on novices' learning of introductory statistics. **Computers & Education**, v. 56, n. 1, p. 300-311, 2011.

WARIN, B.; KOLSKI, C.; SAGAR, M. Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competences: Principles and case Studies. **Computers & Education**, v. 57, n. 2, p. 19, 2011.

WINGREEN, N.; BOTSTEIN, D. Back to the future: education for systems-level biologists. **Nature Review Molecular Cell Biology**, v. 7, n. 11, p. 829-832, 2006.