

Uma experiência de ensino de física de fluidos com o uso de novas tecnologias no contexto de uma escola técnica

(An experience of teaching of physics of fluids with the use of new technologies in the context of a technical school)

Rafhael Brum Werlang¹, Ruth de Souza Schneider² e Fernando Lang da Silveira²

¹Escola Estadual de Ensino Médio São Vicente, São Vicente do Sul, RS, Brasil

²Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Recebido em 7/11/2007; Aceito em 3/1/2008

Apresentamos um material didático concebido para o ensino de dinâmica dos fluidos, que inclui conteúdos em geral não tratados no ensino médio, produzido de forma a contemplar o contexto dos alunos de cursos técnicos em agricultura e zootecnia. O hipertexto utiliza recursos tecnológicos como vídeos, animações em *Flash*, *Applets Java*, figuras, textos e atividades práticas. Foi desenvolvido em dois módulos didáticos, cada módulo com três momentos pedagógicos distintos, que trataram de fluidos que obedecem aos modelos do fluido ideal e de fluidos viscosos, respectivamente. Foram exploradas situações do cotidiano desses alunos como sistemas de irrigação, aplicadores de defensivos agrícolas, sistemas hidropônicos e pequenos aviões utilizados para pulverização de lavouras. Utilizamos como referencial teórico a teoria histórico-social de L.S. Vygotsky, centrada na interação entre os pares e entre os pares e o professor, respeitando a zona de desenvolvimento proximal dos alunos. Observamos que os alunos que utilizaram este material didático estavam mais pré-dispostos ao processo ensino-aprendizagem do que os alunos que não o utilizaram, obtendo em um teste sobre os conteúdos desenvolvidos um ganho maior do que os alunos que não utilizaram o material didático.

Palavras-chave: novas tecnologias, fluidos, interação social.

We will present a didactic material designed for the teaching of fluid dynamics, which includes contents that are in general not treated in high school, produced in form to contemplate the context of students of technical courses in agriculture and zootechnology. The hypertext uses technological resources as videos, animations in Flash, Java Applets, figures, texts and practical activities. It was developed in two didactic modules, each module with three distinct pedagogical moments, which deals with fluids that obey the ideal fluid and viscous fluid models, respectively. Situations of the students quotidian had been explored as irrigation systems, applicators of agricultural protection, hydroponic systems and small airplanes used for farming spray. We use as theoretical framework the historic-social theory of L.S. Vygotsky, centered in the interaction between the pairs and the pairs and the teacher, respecting the proximal development zone of the students. It was observed that the students who had used this didactic material were more predisposed to the teaching-learning process than the students which had not used, obtaining in a test about the developed contents a greater gain than the students which had not utilized this didactic material.

Keywords: new technologies, fluids, social interaction.

1. Introdução

Ao ministrarmos aulas de física nos cursos técnicos em agricultura e zootecnia do Centro Federal de Educação Tecnológica de São Vicente do Sul, RS (CEFET-SVS), que são simultâneos ao ensino médio, freqüentemente éramos questionados pelos alunos sobre a aplicabilidade dos conceitos de física nas disciplinas dos cursos técnicos ou nas suas vivências como profissionais. Como esses alunos, muitas vezes, estão preocupados com sua formação técnica, visando à futura atuação profissional,

eles acabam dedicando-se mais às disciplinas técnicas do que às disciplinas do ensino médio.

Diante desse quadro, ficamos preocupados com o desinteresse dos alunos pelo ensino médio regular e começamos a questionar discentes e docentes das áreas técnicas sobre o que levava tais alunos a negligenciarem as disciplinas do ensino médio. Como já desconfiávamos, eles achavam as aulas do ensino médio muito distantes da sua realidade, cansativas e nada motivadoras.

Em vista dos argumentos apresentados, e procu-

¹E-mail: portaldafisica2005@yahoo.com.br.

rando contemplar as preocupações dos PCN [1] e PCN+ [2] de que as aulas dêem conta das vivências dos alunos, concluímos que as disciplinas do ensino médio deveriam ser contextualizadas com as disciplinas dos cursos técnicos, sempre que possível. Então começamos a investigar quais seriam os conteúdos na área de física mais adequados para tal fim. Queríamos uma temática que fosse percebida como útil para a área técnica. A partir das informações que obtivemos, e analisando a grade curricular do CEFET-SVS, concluímos que o conteúdo menos abordado no ensino médio e mais adequado para o nosso trabalho seria o de dinâmica dos fluidos.

A escolha da temática dinâmica dos fluidos revela-se de grande utilidade para a área técnica devido ao fato de que esse conteúdo está presente nas disciplinas de Solos, Irrigação e Drenagem e Mecanização, entre outras. A dinâmica dos fluidos é necessária para que os alunos entendam o transporte de nutrientes no solo, os sistemas de aplicação de defensivos agrícolas, os sistemas de irrigação e drenagem, entre outros.

A fim de contemplar as diretrizes propostas pelo Ministério da Educação e baseados na nossa prática docente, desenvolvemos um material didático na forma de um hipertexto, composto por vídeos, animações em *Flash*, *Applets Java*, figuras, textos e atividades práticas, usando como referencial teórico a teoria histórico-social de Vygotsky [3].

Relataremos a seguir uma experiência em ensino de física, utilizando o material didático por nós desenvolvido, implementado no CEFET-SVS durante os meses de abril e maio de 2007 [4].

O hipertexto está disponível na rede mundial de computadores e pode ser utilizado livremente por alunos e professores.

2. Referencial teórico

Devido a nossa prática docente e às preocupações já mencionadas, utilizamos como referencial teórico a teoria histórico-social de Vygotsky, cuja unidade de análise é a interação social. Definimos como interação social a troca de informações entre no mínimo duas pessoas. Para que ocorra, é importante que haja bidirecionalidade entre os pares, ou seja, há necessidade de que ambos os participantes troquem experiências e conhecimentos. No entanto, não há necessidade de que os participantes da interação estejam no mesmo nível cognitivo, desde que haja uma troca mútua de significados. Por exemplo, quando o professor e o aluno interagem, o professor também aprende, reforçando a sua organização cognitiva, embora já tenha internalizado os signos e instrumentos aceitos contextualmente.

De acordo com Vygotsky [3], nascemos com Funções Psicológicas Elementares, tais como a atenção involuntária e os reflexos que, via interação social, transformam-se em Funções Psicológicas Superiores, tais como consciência e planejamento. Porém, não de-

vemos apenas considerar a interação social como um fator importante no processo ensino-aprendizagem, mas também como um fator que leva à conversão de fatos externos em funções mentais. Através da mediação, ela permite ao sujeito reconstruir internamente uma operação externa. Essa mediação é feita através de instrumentos e signos, e as novas tecnologias são instrumentos largamente utilizados pelos alunos. Tal fato é que conduziu à escolha do referencial de Vygotsky para o embasamento teórico do trabalho.

Os *Applets Java*, hipertextos, modelos e animações são sistemas de signos que servem como instrumentos para a mediação e são componentes deste material didático, o qual privilegia a linguagem, uma vez que ela representa o mais importante sistema de signos.

Os instrumentos constituem um meio pelo qual a atividade humana é dirigida para o controle e domínio da natureza. Ao contrário dos signos, que são orientados internamente, os instrumentos são orientados externamente [5].

As atividades externas devem ser modificadas para se tornarem atividades internas, ou seja, algo que é interpessoal torna-se intrapessoal. Essa internalização de conhecimentos e funções sociais se dá pela interação entre os sujeitos e pela interação do sujeito consigo mesmo, permitindo a formação da consciência. De acordo com a teoria de Vygotsky, o desenvolvimento cultural se processa primeiro no nível social e depois no nível individual, ou seja, primeiro entre as pessoas (interpsicológico) e depois no interior de cada pessoa (intrapicológico). Esse processo pode ser contextualizado no âmbito da sala de aula, pois a aprendizagem ocorre da relação do aluno com o professor ou com seus colegas mais competentes (nível interpsicológico), passando à assimilação consciente e gradual dessa interação externa (nível intrapsicológico).

De acordo com Vygotsky [3], para que tenhamos uma visão mais adequada da relação entre aprendizado e desenvolvimento intelectual, é necessário levar em conta o fato de que o aluno já possui uma história prévia muito antes de ingressar nos bancos escolares. Por exemplo, ao se defrontar com algumas operações aritméticas, o aluno em alguma fase de sua vida já vivenciou experiências que envolvessem quantidades, tamanhos, adições e subtrações. Uma das diferenças entre o aprendizado escolar e o aprendizado anterior, reside no fato de o aprendizado escolar possuir fundamentação no conhecimento científico, conduzindo à sistematização.

Além da sistematização, existe uma outra diferença marcante entre o aprendizado escolar e o aprendizado pré-escolar que, para ser explicada, necessita do conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Sabemos que o aprendizado deve ser combinado com o nível de desenvolvimento cognitivo em que o aprendiz se encontra. Se quisermos de fato entender a relação entre o processo de desenvolvimento cognitivo e a capa-

cidade de aprender, precisamos determinar dois níveis desse desenvolvimento: o de desenvolvimento real e o de desenvolvimento potencial do aluno.

Podemos inferir a ZDP dos alunos como sendo a região entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, estimado a partir da sua capacidade de solução independente de testes ou tarefas, e o seu nível de desenvolvimento potencial, estimado a partir da sua capacidade de solução de testes e tarefas com o auxílio do professor ou de colegas mais capazes [3, p. 112]. Materiais instrucionais, para serem eficazes, devem atuar na ZDP dos alunos.

Precisamos levar em conta a potencialidade dos nossos alunos e não ficarmos à espera do desenvolvimento intelectual desses educandos, uma vez que, quando colocamos os alunos menos capazes em contato com seus pares mais capazes, ocorre um processo dialético contínuo entre eles, com todos os alunos obtendo benefícios dessa interação.

O material didático foi desenvolvido de forma que as atividades propostas estivessem acima do nível de desenvolvimento cognitivo real da maioria dos alunos, mas que, mesmo assim, pudessem ser resolvidas com a ajuda do docente e com a interação entre os discentes, ou seja, estivessem na ZDP da maioria dos alunos. Oferecemos o máximo de oportunidades para que o aluno se mantivesse envolvido com todas as etapas de cada atividade, em vez de simplesmente incentivar a busca de uma solução. Demos mais ênfase aos processos do que aos produtos.

Esse processo estimula os discentes, focando a aprendizagem em conhecimentos ainda não incorporados pelos alunos, ao invés de conduzi-los através de etapas já ultrapassadas e assimiladas. Portanto, o papel do professor é o de trabalhar na ZDP dos alunos, o que acaba por provocar um avanço que não se processa espontaneamente.

3. Trabalhos correlatos

Nogueira *et al.* [6] discutem a possibilidade de utilizarmos o computador como um instrumento de ensino na busca de uma aprendizagem significativa. Eles fazem uma analogia entre as principais teorias de aprendizagem e o desenvolvimento das linguagens de programação. Também analisam as peculiaridades de um software: sua arquitetura, funcionamento e limitações. Eles salientam a importância de que os temas abordados em classe sejam apresentados em uma linguagem que faça sentido ao aprendiz, para que possam ser devidamente assimilados.

A inserção do computador nas escolas, como instrumento de ensino adicional às aulas convencionais, vem crescendo progressivamente em todo o mundo (Nogueira *et al.* [6]). Essa inserção facilita a aprendizagem pelos alunos, uma vez que os computadores, associados a softwares e a tecnologias adequadas, proporcionam

um melhor entendimento de fenômenos de difícil compreensão. Se fosse utilizada uma prática pedagógica convencional, como quadro-negro e giz, o entendimento do fenômeno tornar-se-ia mais complexo.

Magalhães *et al.* [7] fazem a análise de um projeto que estuda, qualitativamente, movimentos reais obtidos em laboratório ou sugeridos pelos próprios alunos. Para a análise desses movimentos, é utilizado um software por eles desenvolvido para esse fim denominado SAM (Sistema de Análise Digital de Movimento). Menciona que o computador na sala de aula pode ser uma ferramenta cognitiva para o aluno, ao criar um ambiente virtual que simula a realidade, existindo aprendizagem colaborativa e ativa na qual os aprendizes interiorizam o conhecimento, reorganizando-o.

Fiolhais e Trindade [8] citam a dificuldade que os alunos encontram para analisar fenômenos físicos, atribuindo essa dificuldade a professores que adotam teorias de aprendizagem inadequadas e à falta de recursos pedagógicos modernos. Também fazem um histórico da utilização dos computadores como um recurso pedagógico, enumerando os principais modos de utilização do computador para o ensino.

Medeiros e Medeiros [9] apontam a dificuldade da utilização de novas tecnologias no ensino, relacionando-a com a análise, as limitações e os perigos da utilização de modelagens e animações no ensino de física, devido ao fato de alguns modelos ou softwares produzidos serem muito simplificadores da situação real, podendo provocar concepções errôneas do fenômeno estudado.

Acreditamos que tal problema possa ser contornado, desde que esclareçamos para os alunos que as animações e modelagens que estamos utilizando descrevem o fenômeno dentro de certos limites, não fornecendo uma descrição completa do mesmo. Ainda é possível compararmos os modelos desenvolvidos para um determinado fenômeno com a atividade prática de laboratório envolvendo o mesmo fenômeno, o que torna explícitos os limites de validade da animação ou do modelo desenvolvido, embora os mesmos também apresentem limites de validade.

Veit e Teodoro [10] enfatizam o uso de novas tecnologias como um facilitador no processo ensino-aprendizagem, sobretudo no que se reporta a sistemas dinâmicos, como no caso da dinâmica dos fluidos, e como uma forma de atingir os princípios norteadores estabelecidos pelas Diretrizes Curriculares para o ensino médio. Também apresentam as características essenciais do programa *Modellus*, desenvolvido para modelagem de fenômenos físicos, enfatizando a exploração e a criação de múltiplas representações para os fenômenos. Afirmam que as novas tecnologias na educação não garantem uma efetiva mudança no processo ensino-aprendizagem, sendo indispensável o uso adequado dessas tecnologias.

O trabalho de Clebsch e Mors [11] explorou o uso de novas tecnologias no ensino de fluidos, utilizando

trechos de filmes como elemento motivador para as aulas de mecânica dos fluidos, tratando tanto da hidrostática como da hidrodinâmica. Chegaram à conclusão de que os alunos ficam mais motivados para estudar física ao perceberem a conexão dos fenômenos estudados com a sua realidade.

Stensmann [12] utiliza novas tecnologias no ensino de mecânica dos fluidos, dividindo seu trabalho em sete módulos didáticos, os seis primeiros dedicados à hidrostática e o sétimo à hidrodinâmica. Dentre as tecnologias da informática utilizadas nesse trabalho, podemos destacar a utilização de animações, *Applets Java* e vídeos. Apesar de tratar de fluidos em movimento, o trabalho de Stensmann dá maior ênfase ao estudo dos fluidos em repouso.

As abordagens apresentadas por Clebsch e Mors [11] e Stensmann [12] não contextualizam e articulam às competências e habilidades de cursos técnicos, como os de agricultura e zootecnia, o que foi intento do nosso trabalho.

Resende e Barros [13] apresentam uma descrição sucinta de três sistemas hiperfísica que contemplam conteúdos de física e suas relações com outras áreas. Um primeiro sistema explora os conceitos de mecânica básica, um segundo, os conteúdos de mecânica, biomecânica e anatomia humana, e um terceiro, as diferentes formas da energia, o que oferece uma variedade de alternativas para a utilização educacional dos sistemas hiperfísica. Não fazem referência à contextualização com as vivências dos alunos de cursos técnicos.

Whittaker, Whittaker e Azevedo [14] relatam atividades envolvendo física dos fluidos, desenvolvidas com crianças de 5 e 6 anos. As atividades foram desenvolvidas dando-se ênfase aos aspectos lúdicos e tiveram como objetivo observar e compreender como as crianças percebem e explicam as relações entre a pressão da água e a profundidade do recipiente que a contém, e a pressão da água com sua velocidade de escoamento.

Haag *et al.* [15] apresentam justificativas para a introdução da aquisição automática de dados nos laboratórios de física. Ela tem vantagens, tais como permitir a medição de grandezas que variam muito rapidamente ou muito lentamente no tempo e possibilitar a obtenção de uma quantidade maior de medidas, com maior precisão. Porém, enfatizam que a maior vantagem da introdução da aquisição automática de dados no ensino reside no fato de os alunos poderem vivenciar os processos de medida em tempo real, observando na tela do computador os dados colhidos, o que permite uma compreensão não somente do estado atual das Ciências, mas também de aquisições de dados que ocorrem no seu cotidiano, como em exames médicos e em sistemas de automação industrial. Também explicam o funcionamento dos sensores e como podemos utilizar interfaces simples para a aquisição de dados.

Um trabalho com enfoque similar ao nosso encontra-se na dissertação de Mestrado de Santini [16]: “Estudo

de Equipamentos Agrícolas para o ensino de física”. Santini implementou módulos didáticos fundamentados em três momentos pedagógicos, utilizando os equipamentos agrícolas como uma forma de contextualizar os conceitos físicos aprendidos. Os conteúdos abordados abrangeram a hidrostática, a hidrodinâmica e o eletromagnetismo. Todavia, não faz referência ao uso de novas tecnologias como ferramenta didática.

Weltner *et al.* [17] indicam a possibilidade de se realizar experimentos simples de fluidos em movimento, como a construção de um indicador de movimento de ar, a confecção de um manômetro sensível e a construção de modelos para a demonstração do efeito Coanda, com a finalidade de estudar o princípio de funcionamento da asa de um avião. Esse trabalho serviu de base para a construção de uma atividade de contextualização sobre um celeiro rural e uma asa de avião.

O trabalho de Mayer [18] é essencialmente uma antologia de pesquisa e teoria no campo emergente do uso de hiperfísica no ensino. Não provê direções, tais como o delineamento para o aprendizado, nem simplesmente descreve o desenvolvimento de ambientes hiperfísica para o aprendizado. Por outro lado dá ênfase em como as pessoas aprendem a partir de palavras e figuras em ambientes baseados no computador.

Ainda encontramos os trabalhos de Eastlake [19], de Anderson e Eberhardt [20] e de Studart e Dahmen [21] que abordam a explicação para a sustentação da asa de um avião, através das leis de Newton, apontando as explicações convencionais e algumas incorretas, apresentadas nos principais livros-texto adotados no país. Esse assunto foi apresentado aos alunos, uma vez que, durante suas práticas profissionais, eles podem deparar-se com pequenos aviões utilizados para pulverizar defensivos agrícolas nas lavouras. Além disso, os aviões despertam a curiosidade dos jovens e podem ser utilizados como problematização para facilitar o processo de ensino-aprendizagem.

Acreditamos que um material didático utilizando novas tecnologias como simulações, *Applets Java*, vídeos, modelagens e aquisição automática de dados pode facilitar o processo de ensino-aprendizagem, sobretudo, se for desenvolvido de forma contextualizada com a realidade dos aprendizes, levando em conta um referencial teórico adequado.

4. Implementação da proposta

Os módulos didáticos foram implementados em alunos da segunda série A do ensino médio do CEFET-SVS, composta por 32 alunos que fazem simultaneamente o curso técnico em agricultura, denominado grupo experimental. Paralelamente, o grupo de controle, a turma da segunda série B do ensino médio da mesma instituição, composta por 21 alunos, que fazem simultaneamente o curso técnico em zootecnia, recebeu aulas da forma tradicional, ministradas por um outro docente da

instituição.

A princípio, preparamos o material didático para ser desenvolvido em 16 horas-aula, porém foram ne-

cessárias 19 horas-aula. Veja as datas, as horas-aula correspondentes e os conteúdos ministrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Datas, horas-aula e conteúdos ministrados em cada aula.

Módulo 1	16/04/2007 (1 hora-aula)	• Pré-teste
	19/04/2007 (2 horas-aula)	• Introdução, conceitos fundamentais, descrevendo o movimento de um fluido, linhas de corrente, propriedades elásticas de um fluido, regimes de escoamento de um fluido, tubo de corrente e fluido ideal.
	20/04/2007 (2 horas-aula)	• Equação da continuidade, vazão volumétrica de um fluido, equação de Bernoulli, teorema de Torricelli.
	23/04/2007 (1 hora-aula)	• Atividade de contextualização: sistema de irrigação.
	27/04/2007 (2 horas-aula)	• Atividade de contextualização: pulverizador de defensivo agrícola e cálculo de vazão em sistemas de irrigação.
Módulo 2	04/05/2007 (2 hora-aula)	• Diferença entre fluido “real” e fluido ideal, lei de Poiseuille, viscosidade e atividade com <i>Applet Java</i> .
	07/05/2007 (1 horas-aula)	• Atividade de aquisição de dados: viscosidade.
	11/05/2007 (2 horas-aula)	• Lei de Stokes, efeito Coanda, número de Reynolds e atividade de modelagem: fluidos “reais”.
	14/05/2007 (1 hora-aula)	• Atividade de contextualização: celeiro rural e sustentação da asa do avião.
	18/05/2007 (2 horas-aula)	• Atividade <i>Applet Java FoilSim</i> : aerofólio.
	21/05/2007 (1 hora-aula)	• Construção do mapa conceitual.
	25/05/2007 (2 horas-aula)	• Revisão e pós-teste.

Na primeira aula, explicamos para os alunos a metodologia, o objetivo, o programa do trabalho que seria desenvolvido bem como a forma de avaliação. Para finalizar essa aula, aplicamos um teste (o pré-teste) sobre dinâmica de fluidos, para analisarmos o conhecimento prévio desses alunos, bem como para, posteriormente, compararmos com os resultados do mesmo teste aplicado após a implementação do material didático (o pós-teste).

As demais aulas do módulo 1 foram realizadas no laboratório de informática e foram ministradas de forma a promover a interação social, sempre com a utilização do hipertexto.

As aulas do módulo 2 também foram realizadas no laboratório de informática, com exceção das duas aulas de laboratório, uma com a utilização de aquisição automática de dados, e outra com a utilização de uma maquete de celeiro rural e uma maquete da asa de um avião.

As duas últimas aulas foram destinadas à construção de mapas conceituais e à reaplicação do teste (o pós-teste).

5. Material didático

O material didático foi organizado em dois módulos: o primeiro sobre fluidos Ideais e o segundo sobre fluidos “reais”, cada um deles com três momentos pedagógicos distintos. No primeiro momento pedagógico apresentamos a problematização inicial, ligada às vivências dos alunos dos cursos técnicos, a fim de despertar curiosi-

dade para o estudo do assunto proposto. No segundo momento promovemos a organização do conhecimento científico, aprofundando os conceitos e as leis. No terceiro momento aplicamos esse conhecimento, analisando situações da vivência dos alunos.

O hipertexto possui duas versões: uma versão para o aluno e outra versão para o professor. Na versão professor, são fornecidos alguns detalhes mais específicos direcionados aos docentes, tais como as vivências na implementação dos módulos didáticos e o desenvolvimento das atividades. A Fig. 1 apresenta a página inicial do hipertexto, na qual é possível a seleção da versão da página desejada.

Elaboramos uma série de quinze animações usando o programa *Macromedia Flash 5.0*, com a finalidade de tornar o hipertexto mais atrativo e também de facilitar o entendimento dos conceitos físicos. As animações ocupam pouca memória e são abertas rapidamente no computador remoto. Porém, para que essas animações funcionem, o navegador precisa de um complemento (*plug-in*), que pode ser encontrado no endereço www.macromedia.com.



Figura 1 - Página de entrada do hipertexto do material didático.

As animações podem ser utilizadas nos três diferentes momentos pedagógicos.

Vídeos foram inseridos no hipertexto com a finalidade de ilustrar conceitos e experimentos reais, possibilitando que os alunos desenvolvam atividades sobre eles sem realizar o procedimento experimental. Todos os vídeos foram obtidos com uma câmera digital e editados com o programa *Windows Movie Maker*.

Três *Applets Java* foram inseridos no hipertexto com a finalidade de torná-lo mais interativo e de facilitar o entendimento das relações entre as grandezas físicas. Os *Applets* 1 e 2 são de autoria de García [22]. O *Applet* 3 foi desenvolvido pela NASA [23].

Para as atividades experimentais, construímos um manômetro sensível, um indicador de movimento de ar, uma maquete de um celeiro rural e uma maquete de um aerofólio, levando em conta o trabalho de Weltner et al. [17]. Nessas atividades, os alunos puderam analisar o princípio de funcionamento de um aerofólio e de que forma ocorre o efeito Coanda em um galpão rural. Na fotografia da Fig. 2, está indicado o manômetro sensível e a maquete do celeiro.



Figura 2 - Fotografia do arranjo experimental para investigar os efeitos do vento em um galpão rural.

Uma das atividades desenvolvidas utiliza uma animação criada em *Flash* com o objetivo de exemplificar uma aplicação prática da equação da continuidade e da equação de Bernoulli para fluidos ideais. Veja a ilustração da animação na Fig. 3.

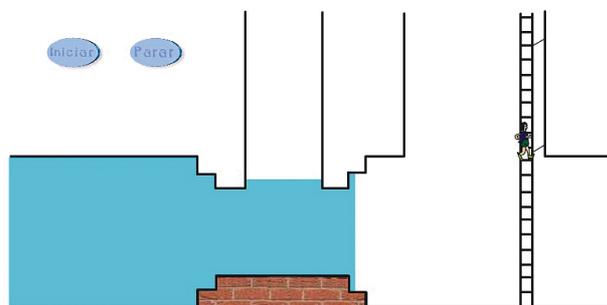


Figura 3 - Técnico fugindo de um escoamento de água dentro de um sistema de irrigação.

Através dessa atividade lúdica, o aluno é questionado sobre uma situação com a qual um técnico pode deparar-se nas suas atividades profissionais. Além de

contextualizar a teoria, o aluno, ao realizar a atividade, é induzido a interagir com os seus pares e com o professor, facilitando a aprendizagem.

Nessa atividade, os alunos podem constatar uma mudança da velocidade das partículas de um fluido, considerado ideal, quando ocorre uma mudança da área transversal de um tubo de corrente. Também o aluno consegue visualizar a dependência da pressão com a velocidade do fluido, considerado ideal. Portanto, ele pode fazer uma análise qualitativa da situação, relacionando-a com as equações aprendidas (a equação da continuidade e a equação de Bernoulli).

Produzimos uma atividade de aquisição automática de dados com a finalidade de aplicar a fórmula de Stokes para uma esfera, examinando o movimento desse sólido em um meio viscoso. Além disso, os alunos, ao se depararem com as dificuldades da realização de experimentos reais, puderam notar a necessidade de serem tomados certos cuidados durante a realização de um experimento, a fim de se obterem resultados mais fidedignos. Também vivenciaram a necessidade de criatividade para a construção dos aparatos experimentais e de se buscar melhores modelos para descrição mais aprimorada dos fenômenos. Logo, o aluno começa a perceber a física como uma ciência que faz uso de modelos e aproximações, e não como uma disciplina detentora de respostas universais, absolutas e infalíveis.

Ainda realizamos uma atividade de modelagem, utilizando o software *Modellus 2.5*, que pode ser encontrado gratuitamente no endereço <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>.

Nessa atividade, os alunos analisam o movimento de um sólido em um fluido, relacionando a velocidade terminal do sólido (esfera) com a viscosidade do fluido e a densidade da esfera, proporcionando uma reflexão a respeito da força de freamento que é exercida nos sólidos quando se movem em fluidos viscosos. A atividade também teve como objetivo melhorar o entendimento dos procedimentos de aquisição automática de dados, que tratou do mesmo assunto.

Todas as atividades, bem como seus roteiros de montagem e implementação, podem ser encontrados no hipertexto disponível na rede mundial de computadores no endereço www.if.ufrgs.br/~werlang.

6. Resultados

Durante o desenvolvimento do trabalho solicitamos que os alunos fizessem semanalmente uma avaliação escrita do material didático, apontando as dificuldades e os pontos positivos do mesmo.

Os alunos salientaram a existência de muitas dificuldades na resolução do pré-teste. Já esperávamos isso, uma vez que eles utilizaram apenas seu conhecimento prévio para resolver as questões.

Podemos, a partir da análise dos relatos dos alunos, verificar que é unanimidade entre os alunos que o uso de

novas tecnologias tornou as aulas mais atrativas, influenciando no processo ensino-aprendizagem. Conforme os alunos relataram, fica muito mais fácil imaginar e entender os fenômenos interagindo com um hipertexto composto de animações, vídeos e *Applets*.

Gostaríamos que o leitor analisasse o relato a seguir de um aluno a respeito da segunda semana de aula:

A aula 4 exigiu pelo menos de mim, muito esforço tanto físico quanto matemático. Foi bastante interessante a parte em que nós mesmos chegamos à equação desejada.

Muito complicado, mas com a ajuda do professor e a colaboração dos colegas, a aula ficou divertida e podemos dizer que passou consideravelmente ligeiro.

Hoje foi um dos dias que senti mais facilidade, apesar de que exigiu muito raciocínio mesmo. Mas fazer o quê? Quase todos sabemos que se não for assim, vai ser tudo decorado, nunca aprenderemos de verdade.

Esse aluno conseguiu sintetizar muito bem o intento do material didático, pois a maior parte das atividades propostas estão acima do nível de desenvolvimento cognitivo da maioria dos alunos, porém, quando trabalhadas de forma colaborativa, puderam ser realizadas corretamente por quase todos os alunos. Além disso, o aluno está ciente de que a forma tradicional de ensino leva a uma aprendizagem mecânica e descontextualizada da realidade e de que o processo ensino-aprendizagem deve ser dinâmico e envolver uma constante troca de significados, compreendendo assim que a interação social promove uma aprendizagem mais efetiva.

Classificamos os mapas conceituais construídos individualmente pelos alunos do grupo experimental como: ótimo, bom e ruim. É importante ressaltarmos que os mapas conceituais não são auto-explicativos, e que, para fazermos essa classificação, levamos em conta as explicações dadas oralmente pelos discentes. Obtivemos os percentuais apresentados na Fig. 4.

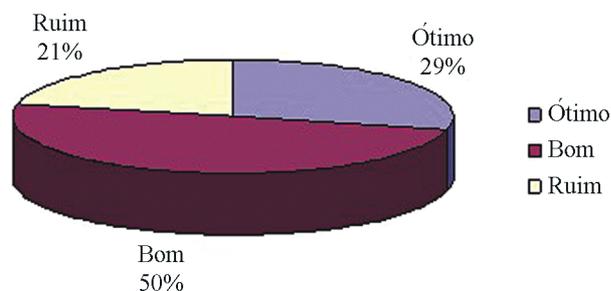


Figura 4 - Gráfico da classificação dos mapas conceituais construídos individualmente pelo grupo experimental.

De modo geral, os alunos conseguiram relacionar corretamente os conceitos trabalhados em classe, e o mapa conceitual foi benéfico como recurso de aprendizagem ao proporcionar uma revisão do conteúdo, e também como forma de avaliação, ao permitir uma constatação das principais concepções errôneas dos educandos.

As atividades desenvolvidas pelos alunos (baseadas nas animações e procedimentos experimentais) serviram de ferramenta didática e também de avaliação individual, levantando falhas nas concepções dos conceitos aprendidos e que foram sendo corrigidas ao longo do processo.

Os escores no pré-teste e no pós-teste foram submetidos a uma análise de consistência, estimando-se o coeficiente de fidedignidade do escore total no teste através do *Coefficiente Alfa de Cronbach*, resultando em $\alpha = 0,78$. O valor encontrado para o coeficiente ι mais do que adequado aos propósitos de utilização dos escores totais neste trabalho, quais sejam os de comparar os grupos em média [24].

Foi obtida uma média para o grupo experimental no pré-teste de 3,2 acertos e no pós-teste de 9,1 acertos. O ganho médio desse grupo foi de 5,9 acertos (o ganho de um aluno é o escore que ele obteve no pós-teste menos o escore no pré-teste). Para o grupo de controle, a média no pré-teste foi de 3,5 acertos e no pós-teste de 4,4 acertos. O ganho médio desse grupo foi de 0,9 acertos. Portanto, a diferença entre os ganhos médios foi de 5,0 acertos. O gráfico de barra de erros para o total de acertos no pré e pós-teste para o grupo experimental e para o grupo de controle encontra-se na Fig. 5. Cada uma das barras está centrada na média do grupo no escore total no teste (número de acertos no teste) e estende-se por um desvio padrão da média (erro padrão da média) em torno da média.

Para decidir sobre a significância estatística da diferença entre os ganhos médios no grupo experimental e no grupo de controle, foi calculada a razão *t de Student*, obtendo-se um valor igual a 6,00. O nível de significância para a diferença entre as duas médias é menor que 1% e, portanto, pode-se rejeitar a hipótese de que a diferença observada entre os ganhos tenha ocorrido por acaso.

O teste *t* para a diferença entre pós e pré-teste no grupo experimental forneceu um valor de $t = 10,7$ ($ns < 1\%$); já a diferença entre pós e pré-teste no grupo de controle resultou em $t = 1,5$ ($ns > 10\%$). Dessa forma, pode-se rejeitar a hipótese de que a diferença observada entre a média no pós e no pré-teste no grupo experimental tenha ocorrido por acaso. Entretanto, para o grupo de controle não se rejeita tal hipótese.

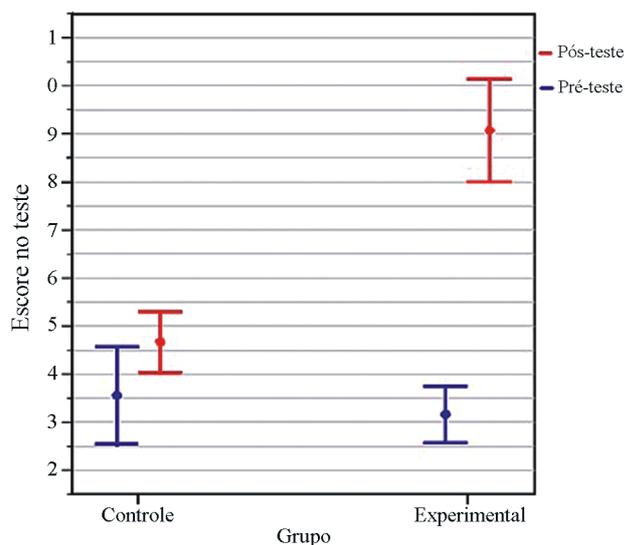


Figura 5 - Gráfico de barras de erro para o total de acertos no pré e no pós-teste nos dois grupos.

Esses resultados fornecem forte evidência de que o uso de novas tecnologias, somado ao uso de aulas contextualizadas baseadas no referencial Vygotskyano, contribuiu positivamente para a aprendizagem em física.

7. Conclusões

Em meio à crise instalada na educação brasileira, a física parece ser cada vez mais desprezada pelos estudantes e gestores, pois além dessa disciplina ter a carga horária reduzida em detrimento de outras, os alunos consideram-na difícil, monótona, desvinculada da realidade, sendo, muitas vezes, o seu ensino reduzido à mera apresentação de equações e resolução numérica de problemas. Acreditamos que os professores podem valer-se de algumas estratégias para combater tal situação, que incluam o uso de criatividade e novas metodologias de ensino.

Uma forma de tornar a nossa disciplina atrativa e interessante para os alunos é desenvolvendo conteúdos mais atuais em sala de aula, como a física moderna e contemporânea, fazendo a contextualização dos temas abordados com as tecnologias utilizadas pela sociedade, realizando a conexão dos conteúdos com as vivências dos discentes e buscando a interdisciplinaridade.

Acreditamos que alcançar esses objetivos requer o uso de novas tecnologias no ensino, uma metodologia de trabalho que vise respeitar a individualidade dos alunos e utilizar as potencialidades da tecnologia na visualização e entendimento dos fenômenos, servindo de motivação e facilitando a aprendizagem.

A nossa tentativa nesse sentido tem como produto educacional um hipertexto permeado de imagens, textos, animações, *Applets Java*, vídeos, entre outras atividades. Tal hipertexto procura fazer uma conexão entre os conteúdos da dinâmica dos fluidos com as vivências

dos alunos dos cursos técnicos em agricultura e zootecnia, sempre induzindo à interação social e à troca de conceitos de forma oral e escrita entre os discentes e entre os discentes e o docente. O nosso público alvo se constitui de alunos e de professores dos cursos das Escolas Agrotécnicas e dos Centros Federais de Educação Tecnológica. No entanto, acreditamos que o produto educacional elaborado possa ter a sua implementação expandida para outros recortes temáticos e/ou modificada para outros contextos.

Professores e alunos de física do ensino médio regular podem utilizar o material didático produzido. Para isso, basta fazer alguns adendos à problematização inicial e à contextualização. Por exemplo, quando, no material didático, tratamos do pulverizador de defensivos agrícolas, o professor do ensino médio regular pode facilmente considerá-lo como um sistema de *spray* de perfume ou desodorante, que é mais comum nas vivências dos seus alunos. Já o problema da sustentação da asa de um avião atrai a curiosidade da maioria dos adolescentes, e a atividade de animação, desenvolvida em *Flash* para o primeiro módulo didático, embora represente um sistema de irrigação, devido ao seu caráter lúdico, pode ser instigante para os alunos dessa faixa etária, independente do contexto em que estejam inseridos.

Tem-se aventado a possível substituição dos professores por computadores repletos de novas tecnologias e, que o uso de computadores, apesar da elevada comunicabilidade que oferecem, diminui a afetividade e a sociabilidade entre as pessoas, isolando-as em sociedades virtuais desprovidas de envolvimento emocional. Entretanto, em nosso trabalho, a máquina em nenhum momento se mostrou com esse caráter ameaçador de substituição do professor, mas sim se apresentou como uma ferramenta didática que agrega a possibilidade de visualização e melhor compreensão de fenômenos, acesso em tempo real a gráficos e análises estatísticas de dados de procedimentos experimentais. O uso de novas tecnologias pode facilitar a utilização de experimentos com finalidade didática, uma vez que dispomos menor tempo para coletar e analisar esses dados.

É fundamental que os professores se adaptem às novas tecnologias, fazendo cursos de capacitação, a fim de poder utilizá-las com todo o seu potencial promissor sem cometer equívocos na sua utilização como ferramenta pedagógica. As novas tecnologias já fazem parte das vivências dos alunos e tornaram-se um sistema de signos para eles. Portanto, cabe ao professor adequar-se a essa nova realidade e utilizá-la em favor do processo ensino-aprendizagem.

Esperamos que este trabalho possa ser utilizado por outros professores e sirva de inspiração para o desenvolvimento de outros trabalhos tanto pelo autor quanto por outros docentes.

A partir dos resultados, foi possível verificarmos satisfação por parte dos alunos com a utilização do ma-

terial didático. Nós igualmente sentimos satisfação ao encontrarmos alunos que, além de participarem prazerosamente do processo de ensino-aprendizagem, obtiveram bons resultados. Concluímos também que o uso de novas tecnologias facilita o processo de ensino-aprendizagem de física, principalmente, no que se refere à visualização, imaginação e interpretação de fenômenos pelos alunos.

A experiência da realização deste trabalho, bem como os seus resultados, mostram que é possível construir um ensino de física de qualidade, respeitando as peculiaridades e o contexto dos alunos e dos cursos, ou seja, aulas contextualizadas atraem e retém a atenção dos alunos, o que acaba por influenciar no processo ensino-aprendizagem, promovendo uma aprendizagem mais significativa.

Os alunos trocaram significados de forma intensa durante o desenvolvimento das atividades, propiciando um grande envolvimento e empenho na resolução das tarefas propostas. Mais importante do que as respostas dadas pelos educandos, foi a forma como eles abordavam os problemas propostos através da consulta ao hipertexto, de outras páginas na rede mundial de computadores e do diálogo com os colegas e com o professor. Aferimos que a promoção de atividades em sala de aula que possibilitem a interação social dos discentes entre si e com o professor foi um dos fatores determinantes para os bons resultados obtidos na efetivação deste trabalho.

Mostramos que é possível a construção de um material didático permeado de novas tecnologias que instigue a utilização do sistema de signos mais poderoso que possuímos, a linguagem, construindo afetividade entre os alunos e o professor, característica que facilita a aprendizagem significativa. É necessário, para isso, que, ao desenvolver os módulos com o uso de novas tecnologias, o educador utilize um referencial teórico adequado.

Pretendemos fazer do uso de novas tecnologias prática constante da nossa carreira docente, incentivando e divulgando a sua utilização, porque acreditamos ser essa uma opção para o ensino de física.

Referências

- [1] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio, Parte III): Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (MEC/SEMTEC, Brasília, 1998).
- [2] Brasil, *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (MEC/SEMTEC, Brasília, 2002).
- [3] L.S. Vygotsky, *A Formação Social da Mente: O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores* (Martins Fontes, São Paulo, 1998), 6^a ed..
- [4] R.B. Werlang, *O Uso de Novas Tecnologias no Ensino de Física dos Fluidos, Aplicado em Escolas Técnicas*. Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.
- [5] M.A. Moreira, *Teorias de Aprendizagem* (Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo, 1999).
- [6] J de S. Nogueira, C. Rinaldi, J.M. Ferreira e S.R. Paulo, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **22**, 517 (2000).
- [7] M.G.M. Magalhães, D. Schiel, I.M. Guerrini e E. Marega, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 97 (2002).
- [8] C. Fiolhais e J. Trindade, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **25**, 259(2003).
- [9] A. Medeiros e C.F. Medeiros, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 77 (2002).
- [10] E.A. Veit e V.D. Teodoro, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 87 (2002).
- [11] A.B. Clebsch, P.M. Mors, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **26**, 323 (2004).
- [12] B.H.W. Stensmann, *Mecânica dos Fluidos*. Disponível em http://www.maristas.org.br/colegios/rosario/pags/pg_professores/berenice_pagtrab/paginadotrabalho/index.html. Acesso em 12/4/2006.
- [13] F. Rezende e S. de S. Barros, *Física na Escola* **6:1**, 63 (2005).
- [14] M.A. Whitaker, D.C. Whitaker e T.C.M. Azevedo, *Física na Escola* **3:1**, 30 (2002).
- [15] R. Haag, I.S. Araujo, E.A. Veit, *Física na Escola* **6:2**, 69 (2005).
- [16] N.D. Santini, *Estudo de Equipamentos Agrícolas no Ensino de Física: Uma Proposta Para Trabalho em Escolas Agrotécnicas*. Dissertação de Mestrado em Educação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- [17] K. Weltner, M.I. Sundberg, A.S. Esperidião e P. Miranda, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 429 (2001).
- [18] R.E. Mayer (ed), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Cambridge University Press, New York, 2005).
- [19] C.N. Eastlake, *Física na Escola* **7:2**, 52 (2006).
- [20] D. Anderson e S. Eberhardt, *Física na Escola* **7:2**, 43 (2006).
- [21] N. Studart e S. Dahmen, *Física na Escola* **7:2**, 36 (2006).
- [22] A.F. Garcia, *Física con Ordenador: Curso Interativo de Física em Internet*. Disponível em <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>. Acesso em 10/1/2007.
- [23] NASA, Free Software. Disponível em http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/freesoftware_page.htm. Acesso em 10/1/2007.
- [24] F.L. Silveira, in *Instrumentos de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem*, editado por M.A. Moreira e F.L. Silveira (EDIPUCRS, Porto Alegre, 1993), p. 67-101.