

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**

O PODER DAS SIMULAÇÕES NO ENSINO DE HIDRÁULICA PARA ENGENHEIROS

por

Oscar Eduardo Patrón Guillermo

**Trabalho de Conclusão do Curso de
Especialização apresentado ao Programa
de Pós Graduação em Informática para a
Educação – ESPIE 2003, como requisito
parcial à obtenção do título de Especialista
em Informática na Educação.**

Orientadora: Prof^a. Dra. Liane Margarida Rockembach Tarouco

Porto Alegre, 11 de Janeiro de 2005

"Aqueles que se enamoram somente da prática, sem cuidar da teoria, ou melhor, dizendo, da ciência, são como o piloto que embarca sem timão nem bússola. A prática deve alicerçar-se sobre uma boa teoria, à qual serve de guia a perspectiva; e em não entrando por esta porta, nunca se poderá fazer coisa perfeita nem na pintura, nem em nenhuma outra profissão, são vãs e estão minadas de erros as ciências que não nasceram da experimentação, mãe de todas as certezas".

Leonardo da Vinci

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à uma pessoa muito importante, que conheci pouco antes do início deste curso, que veio a se tornar minha noiva: Regina Trevisan. Obrigado pela paciência, compreensão, incentivo e sobretudo pelo carinho, enquanto eu procurava atingir meus objetivos, que se transformarão em nossos.

Aos professores do ESPIE-CINTED, em especial à minha orientadora, Profa. Liane Tarouco, pelo apoio e pelas sugestões que muito me auxiliaram na elaboração deste trabalho. Ao graduando em Engenharia Elétrica Felipe Ledur, bolsista do CINTED-UFRGS, pela ajuda no desenvolvimento das simulações.

Ao Prof. Endres do IPH-UFRGS, por acreditar na minha ideia, e decidir aplicar todo o conhecimento obtido neste trabalho, na sua disciplina de graduação para o curso de Engenharia. Obrigado pela confiança e por acreditar no meu trabalho.

Ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas, que na pessoa do seu Diretor, Prof. Luiz Fernando Cybis, permitem que eu retorne e aplique o conhecimento obtido no ESPIE, para o Instituto.

Por fim, dedico este trabalho aos meus pais, Juan Carlos e Stella Mary, que mesmo estando longe em termos de distância, estão sempre perto; de maneira significativa ao meu pai que propiciou a minha vinda para o Brasil, permitindo com que hoje possa ter crescido profissionalmente, e tenha me tornado uma pessoa melhor.

Obrigado a todos.

RESUMO

A utilização de software educativo está sendo muito explorada no processo de ensino e aprendizagem de engenharia, trazendo com isto a necessidade de estudos para o seu desenvolvimento. Simulações são ambientes virtuais, no qual os estudantes realizam uma tarefa ou um experimento no computador, que tenta representar o experimento ou fenômeno real, de maneira mais fidedigna possível. Este trabalho tem como objetivo mostrar a necessidade de desenvolver novas ferramentas tecnológicas, para o ensino de hidráulica para engenheiros, mais precisamente a utilização de simuladores virtuais, das práticas em laboratórios de hidráulica; destacar as vantagens que as simulações tem, como complemento à aula tradicional expositiva, assim como o ganho no processo de ensino aprendizagem dos alunos, expostos a este tipo de material instrucional. Para isto foram elaborados 3 simuladores utilizando o software Flash MX da Macromedia, representando as práticas laboratoriais de hidráulica: Velocidade em Canal, Esvaziamento de Reservatório e Aferição de Venturi. Duas turmas do curso de Engenharia da UFRGS, utilizaram estes simuladores. A primeira turma assistiu a prática no laboratório de hidráulica e logo após as simulações no laboratório de informática, enquanto que a outra, realizou primeiro a aula no laboratório de informática, vendo os simuladores e depois foi para a prática no laboratório de hidráulica. Ao final das práticas os alunos receberam um questionário, avaliando alguns fatores do processo de ensino aprendizagem, em função da introdução deste tipo de ferramenta de apoio à aula – as simulações. Pode-se afirmar que os simuladores podem ser ótimas ferramentas no auxílio à aula convencional, e que na área da Engenharia deveria-se investir tempo e recursos, para implementar materiais instrucionais deste tipo, para obter uma melhor qualidade no ensino, assim como para ter uma melhor compreensão de alguns fenômenos físicos ocorridos nestas práticas, principalmente em instituições que não tenham laboratórios de hidráulica.

Palavras-chave: Simulações, ensino em hidráulica, simulações na Engenharia.

ABSTRACT

The use of educational software is widely explored in the teaching and learning process in engineering, bringing the need for further studies for its development. Simulations are virtual environments, in which the students accomplish a task or an experiment on the computer, that aims to represent the experiment or real phenomenon, in the most trustworthy possible way. This paper's objective is to show the need for developing new technological tools to teach hydraulics for engineers, more precisely the use of virtual simulations of the practices in hydraulic laboratories, and to highlight the advantages of simulations to complement traditional lectures, as well as the benefits in the process of teaching and learning by students exposed to this type of instructional material. To accomplish this, 3 simulators were created using the software Flash MX of Macromedia, representing 3 practices in a hydraulic laboratory: *Measurement of point velocities in a Channel*, *Emptying of a Reservoir with no contribution* and *Calibration of a Venturi*. Two groups of students from the Engineering course at UFRGS used these simulators. The first group attended the practice in the hydraulic laboratory before doing the simulations in the computer science laboratory, while the other did the simulations before going to the laboratory. At the end of the practices the students received a questionnaire, evaluating some aspects of the teaching and learning process regarding the simulators as a support tool in the classroom. It was shown that the simulators can be useful tools as aid to conventional lectures, and that in the area of Engineering, time and money should be invested in order to implement instructional materials of this type, aiming at better-quality teaching and a better understanding of the physical phenomena involved in laboratory practices, mainly in institutions that do not have hydraulic laboratories.

Key Words : Simulations, teaching in hydraulics, simulations in Engineering.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Rápida Retrospectiva do Processo Educativo	13
2.2. A Utilização de Computadores na Educação	14
2.3. A Utilização de Computadores no Ensino e Aprendizagem em Engenharia ..	18
2.4. Os Desafios do Professor Diante das Novas Tecnologias	19
2.5. Simulações	22
2.6. Simulações e Internet	26
2.7. Relevância das Simulações na Engenharia	27
2.8. Vantagens das Simulações	28
2.9. Controvérsia Sobre as Simulações	30
2.10. Simulações na Engenharia	33
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1. Aulas Práticas no Laboratório de Hidráulica	35
3.2. Aula no Laboratório de Informática - Simulações	36
4. RESULTADOS OBTIDOS	40
4.1. Parecer do Professor da Disciplina	36
5. CONCLUSÃO	51
6. REFERÊNCIAS	53
7. ANEXOS	59
Anexo A. Questionário de Avaliação do Material Instrucional	59
Anexo B. Telas da Simulação Experimento de Velocidade em Canal	64
Anexo C. Telas da Simulação Aferição de Venturi ou Diafragma	67
Anexo D. Telas da Simulação Esvaziamento de Reservatório	70
Anexo E. Telas do Menu de Navegação, comum às 3 Simulações	72
Anexo F. Roteiro do Experimento Esvaziamento de Reservatório	73
Anexo G. Roteiro do Experimento Velocidades em Canal	77
Anexo H. Roteiro do Experimento Aferição de Venturi ou Diafragma	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes do Experimento Esvaziamento de Reservatório	35
Figura 2. Componentes do Experimento Velocidade em Canal	35
Figura 3. Componentes do Experimento Aferição de Venturi	36
Figura 4. Sala de aula informatizada	37
Figura 5. Tela principal do experimento Esvaziamento de Reservatório	37
Figura 6. Tela principal do experimento Velocidades em Canal	38
Figura 7. Tela principal do experimento Aferição de Venturi	38
Figura 8. Página web com as simulações e vídeos para download	39

Figuras do Anexo B

Telas da simulação Experimento de Velocidade em Canal

Figura 9. Tela principal do simulador	64
Figura 10. Componentes do experimento	64
Figura 11 Seção Bibliografia	64
Figura 12. Tela da seção vídeos	64
Figura 13. Tela da seção vídeos	64
Figura 14. Tela da seção fotos	64
Figura 15. Tela da seção Questões	65
Figura 16. Resultado das questões	65
Figura 17. Tela do experimento	65
Figura 18. Tela do experimento	65
Figura 19. Tela do experimento	65
Figura 20. Tela do experimento	65
Figura 21. Tela do experimento	66
Figura 22. Tela do experimento	66
Figura 23. Tela final do experimento	66
Figura 24. Recomendações Gerais	66
Figura 25. Conclusão do experimento	66
Figura 26. Tela da seção calculadora	66

Figuras do Anexo C

Telas da simulação Aferição do Venturi ou Diafragma

Figura 27. Tela principal do simulador	67
Figura 28. Componentes do experimento	67
Figura 29. Componentes do experimento	67
Figura 30. Componentes do experimento	67
Figura 31. Seção Bibliografia	67
Figura 32. Tela da seção vídeos	67
Figura 33. Tela da seção vídeos	68
Figura 34. Tela da seção fotos	68
Figura 35. Tela da seção Questões	68
Figura 36. Resultado das questões	68
Figura 37. Tela do experimento	68
Figura 38. Tela do experimento	68
Figura 39. Tela do experimento	69
Figura 40. Tela do experimento	69
Figura 41. Tela do experimento	69
Figura 42. Tela final do experimento	69
Figura 43. Conclusão do experimento	69
Figura 44. Tela da seção calculadora	69

Figuras do Anexo D

Telas da simulação Esvaziamento de Reservatório

Figura 45. Tela principal do simulador	70
Figura 46. Componentes do experimento	70
Figura 47. Componentes do experimento	70
Figura 48. Seção Bibliografia	70
Figura 49. Tela da seção vídeos	70
Figura 50. Tela da seção fotos	70
Figura 51. Tela da seção Questões	71
Figura 52. Resultado das questões	72
Figura 53. Tela do experimento	72
Figura 54. Tela do experimento	72

Figura 55. Conclusão do experimento	72
Figura 56. Tela da seção calculadora	72

Figuras do Anexo E

Telas do menu de navegação, comum às 3 simulações

Figura 57. Barra de Menu – seção Calculadora	72
Figura 58. Barra de Menu – seção Experimento	72
Figura 59. Barra de Menu – seção Fotos	72
Figura 60. Barra de Menu – seção Testes e Perguntas	72
Figura 61. Barra de Menu – seção Vídeos, Apostila e Bibliografia	72

1 INTRODUÇÃO

As limitações do ensino público, principalmente financeiras, tem feito com que se tenha que enfrentar alguns problemas, que acabam por prejudicar não só o ensino, mas também o aprendizado de alunos universitários. Uma destas limitações é a falta de recursos para a aquisição e manutenção de laboratórios experimentais, para fixação dos conceitos teóricos, que na área da Engenharia é muito comum. Isto tem dificultado o contato dos alunos com as práticas de laboratório, já que segundo Kleinhappel et al.(2004), os laboratórios experimentais ainda em funcionamento,da área de hidráulica e mecânica dos fluídos, remanescentes de épocas de maiores recursos destinados à educação, encontram-se espalhados entre algumas universidades.

A simulação é um recurso de aprendizagem que permite ao estudante observar o comportamento de um determinado sistema através de um modelo do mesmo, ou seja de uma representação matemática, gráfica ou simbólica de um fenômeno. Neste contexto, as simulações podem exercer um papel minimizador deste tipo de problema, pois significativamente poderia também minimizar os danos gerados ao ensino pela falta de estrutura da maioria das Faculdades de Engenharia do Brasil, em termos de laboratórios e equipamentos, para os cursos de graduação.

Kleinhappel apud Kiernan (1997), citam de que iniciativas desta natureza podem estreitar a distância entre os estudantes de engenharia de escolas relativamente ricas e que podem custear facilidades laboratoriais abrangentes a aquelas instituições menos ricas e faculdades comunitárias, que não podem oferecer facilidades laboratoriais abrangentes. Os programas de simulação propiciam aos estudantes a interação com modelos e processos complexos de forma controlada (muitas vezes inviável em escala real), sem riscos que envolvem periculosidade ou gastos proibitivos, já que estes simuladores envolvem a criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real, portanto o potencial educacional deste tipo de ferramenta é muito superior ao dos programas tradicionais.

Os autores Toval e Flores (1987) relatam, que as simulações podem permitir que os alunos construam modelos mentais de sistemas físicos, pois muitas vezes os alunos não conseguem desenvolver modelos mentais adequados apenas com a escuta do professor ou a leitura dos manuais; por isso, recorrem à memorização. A observação de simulações bem concebidas pode ajudar o aluno a desenvolver modelos mentais melhor estruturados.

As simulações podem despertar ou aumentar o interesse dos alunos, já que como o fato de os alunos poderem controlar determinadas simulações, induz uma aprendizagem mais fácil e rápida; o aluno pode ver como se altera o comportamento do modelo numa variedade de situações e condições.

Segundo Otoni (2004) no seu trabalho “O uso de Simuladores e as Estruturas Cognitivas”, a simulação dá vida às aulas, fornecendo ferramentas com as quais os estudantes apreciam trabalhar, pois desta maneira os estudantes aprendem fazendo; é uma ferramenta de estudo interativa que ajuda a construir e trabalhar conceitos. O mesmo autor relata, que nos seus experimentos é possível dar acesso virtual a todos os componentes que você precisa, para criar projetos de qualquer complexidade. Ao contrário dos equipamentos didáticos tradicionais, não é necessária a aquisição de componentes adicionais, por exemplo, se fosse uma simulação mecânica, a compra de uma peça cara.

Um simulador funciona como um dispositivo que reproduz virtualmente uma situação real (ou que poderia ser real) e dessa forma nos permite “experimentar” os efeitos de um determinado procedimento sem que a situação real esteja de fato ocorrendo. Assim por exemplo, um simulador de vôo exige que o “piloto” siga os procedimentos corretos que são necessários para a operação de um avião real, mesmo não existindo de fato o avião nem a situação de vôo. As vantagens são óbvias: podemos “errar ao aprender” sem sofrermos as conseqüências danosas de um erro real.

Cirurgiões já dispõem de simuladores que lhes permitem “operar virtualmente” sem nenhuma gota de sangue real. Da mesma forma pilotos de avião, engenheiros, físicos, químicos e uma infinidade de outros profissionais já dispõem dessa tecnologia ao seu alcance graças aos computadores.

Os simuladores não são utilizados apenas para treinamento ou simplesmente para diversão, mas também para o ensino regular. Uma simples calculadora, por exemplo, é uma espécie de simulador de algoritmos aritméticos em que você fornece os dados e a seqüência correta de operações e então o algoritmo é executado pela máquina.

Segundo Ehrlinch (1976), a simulação é um método empregado para estudar o desempenho de um sistema por meio da formulação de um modelo matemático, o qual deve reproduzir, da maneira mais fiel possível, as características do sistema original. Manipulando o modelo e analisando os resultados, pode-se concluir como diversos fatores afetarão o desempenho do sistema.

A vantagem do uso de *softwares* simuladores consiste na economia de tempo e dinheiro, pois não é preciso ter laboratórios, equipamentos, técnicos etc., e não é preciso contratar ou treinar pessoal específico para a operação desses laboratórios. Também se dispensam a checagem e manutenção de equipamentos e evitam-se os possíveis erros de montagem e operação dos equipamentos. Em contrapartida perde-se todo o conhecimento específico relacionado a esses procedimentos “dispensáveis”, como o conhecimento sobre a montagem dos equipamentos e os cuidados de operação. Daí vem a importância do uso racional dos simuladores conforme os objetivos que se pretendem obter com seu uso.

Através da simulação não é possível obter, de imediato, resultados que levem à otimização de um objetivo desejado. Entretanto, é possível simular, por meio do modelo, uma série de experimentos em diferentes condições e, posteriormente, escolher a condição cujos resultados sejam mais aceitáveis (Ehrlich, 1976).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RÁPIDA RETROSPECTIVA DO PROCESSO EDUCATIVO

Se tentarmos fazer uma rápida retrospectiva do que tem sido o processo educativo, verificamos que a escola tem sofrido grandes modificações nos últimos anos grande parte das quais resultantes da constante evolução da tecnologia. Para comprovar basta que pensemos, como indica Machado (1992), em toda a evolução que ocorreu desde o modelo socrático de ensino, cujo suporte utilizado consistia unicamente na oralidade, até os dias de hoje em que temos como suporte do processo de ensino e aprendizagem, uma grande diversidade de equipamentos tecnológicos.

O aparecimento do livro foi, com certeza, uma das inovações que mais modificações viria a produzir em todo o processo de ensino e aprendizagem, uma vez que o conhecimento passa a surgir "como entidade autônoma e independente do professor (...) acarretando a diminuição do poder do professor. De detentor exclusivo do conhecimento passa a reprodutor, a interpretador do conhecimento detido pelo autor do livro" (Machado, 1992).

Durante as décadas de 50 e 60 verificaram-se grandes modificações a nível tecnológico, surgindo uma primeira geração de recursos audiovisuais que "apesar das suas funcionalidades rudes e primitivas (...) tinham como objetivo facilitar a vida do professor na apresentação do conhecimento aos alunos" (Machado, 1992).

Nas décadas de 70 e 80 surgem outros equipamentos, cada vez mais sofisticados do ponto de vista técnico e, também, com potencialidades para serem utilizados no contexto educativo. Entre eles pode-se citar o computador. É indiscutível, que de todos os meios tecnológicos à disposição do professor, o microcomputador foi o que teve um dos mais importantes impactos a nível da escola, tendo desencadeado grande número de discussões, estudos e investigações. Uma das razões para que isso tenha acontecido é, como defende Machado (1992), o fato de se tratar de "uma tecnologia que entrou rapidamente na escola, quase que ao mesmo tempo que na sociedade em geral, e também

segundo o mesmo autor, porque "os programas de introdução da informática na escola visaram por os microcomputadores nas mãos dos alunos" , deixando assim de ser apenas um meio que o professor utiliza para transmitir o conhecimento.

O computador tem um papel importante na modificação de atitudes dos professores, em especial, no que se refere à transição dos modelos de ensino centrados no professor para modelos cada vez mais centrados no aluno. Hoje em dia, pode-se dizer que o computador por si só, funciona como um elemento de grande motivação para o aluno e, conseqüentemente como um incentivo à descoberta e à aprendizagem.

2.2 A UTILIZAÇÃO DE COMPUTADORES NA EDUCAÇÃO

A utilização de computadores no meio educacional está crescendo a cada dia e conseqüentemente, gerando muitas investigações a respeito da influência desta tecnologia no sistema educativo, para poder equacionar os avanços tecnológicos com as novas práticas pedagógicas, advindas desta nova tecnologia.

A introdução do computador na escola, em seus diversos usos, deu-se inicialmente, no Brasil como no exterior, através de iniciativas isoladas de universidades, escolas e empresas. Segundo Valente e Almeida (1997), o Programa americano objetivou promover uma alfabetização em informática e o Programa francês buscou desenvolver a capacidade lógica e preparar o aluno para o mercado de trabalho. Os resultados desses Programas foram limitados:

“Em diferentes países a introdução de computadores nas escolas não produziu o sucesso esperado, ou seja, o projeto ambicioso, em grande escala, não tem conduzido aos objetivos programados, mesmo quando deixados ao sabor do livre mercado, como no caso dos Estados Unidos ou quando são bem planejados em termos público alvo, equipamentos, software, meios de distribuição, instalação e manutenção, como é o caso da França”.(VALENTE e ALMEIDA, 1997).

O uso de computadores está proliferando cada vez mais, envolvendo direta ou indiretamente a vida das pessoas. Ele está praticamente em toda parte: no trabalho, nos bancos, nos hospitais, nas escolas e universidades. O computador é

um equipamento versátil e flexível, não só servindo para automatizar serviços, mas para também auxiliar o ser humano na tomada de decisões.

Também na educação, o seu uso é disseminado através de muitas pesquisas que estão sendo desenvolvidas com o objetivo de melhor aproveitar esta tecnologia. Uma das formas freqüentes do uso de computadores no processo educacional é através do software educativo, sendo sua concepção uma tarefa complexa devido ao envolvimento de fatores multidisciplinares, e da necessidade de ter pessoas capacitadas tanto na parte técnica de desenvolvimento do software, como da parte pedagógica, que vai embaçar o desenvolvimento do conteúdo educacional.

Para Behar (1998) os programas computacionais possibilitam o nascimento e transformação de novos objetos, surgindo então a designação de ferramentas computacionais. Considerando-se que tais programas são ferramentas, consegue-se com elas, desenvolver, crescer, existir e transformar novos objetos.

No meio educacional a utilização de computadores vem fomentando discussões a respeito do processo de ensino e aprendizagem. Muitas pesquisas buscam a integração do uso de computadores no meio educacional. Os computadores são utilizados por professores, técnicos administrativos e alunos nas mais variadas formas, e estas poderão estar inseridas nos mais diversos sistemas de ensino, e teorias de aprendizagem. Estas pesquisas provocam debates sobre questões didático-pedagógicas e até mesmo epistemológicas, quando o computador é integrado ao processo de ensino e aprendizagem, segundo Teixeira (1998).

De uma forma sistêmica a utilização de computadores é feita através software, ou programas de computador. Eles podem ser específicos para o ensino e aprendizagem ou podem ser “aplicativos”, como os que são usados para auxiliar o professor ou o aluno nos seus trabalhos (editores de texto como Word, Word Perfect, entre outros, ou planilhas eletrônicas como Excel, Lótus 123, Quatro Pró, etc).

Segundo Valente (1998), dependendo da forma de utilização, o software educacional pode ser classificado em três grandes categorias: instrução auxiliada por computador, aprendizagem por descoberta e ferramentas educacionais,

sendo importante mencionar que existem outras formas de classificar a utilização de computadores na educação. Além disso, o potencial pedagógico dos computadores só poderá ser plenamente realizado se estiverem disponíveis programas educativos de qualidade e se existir uma boa articulação deles com os currículos e a prática.

O uso de computadores no processo de ensino e aprendizagem tem aberto um leque de discussões a este respeito, tendo muitos educadores pensando que seu uso na escola irá mudá-la completamente. Alguns dizem que o computador pode até substituir os professores, transformando a escola, tornando-a diferente da que estamos acostumados a conviver. Acredita-se que numa ótima e bem dosada consorciação destes fatores: professor e computador, este tornando-se um excelente colaborador e funcionando como apoio à aula, podendo acrescentar todas suas inovações tecnológicas, para que o professor devidamente treinado, possa acrescentar uma nova visão à aula.

Segundo Schettini (2003), a natural diversificação de conhecimentos provocada pela globalização, induz à utilização de novos conceitos e ferramentas para melhor compreender os fenômenos físicos, trazendo com isto, um novo ar para as pesquisas e uma renovação nas metodologias de ensino utilizadas.

Outros, já pensam que o computador virá a contribuir muito para a escola e ao processo de ensino e aprendizagem, porém, não descartam a participação do professor. Talvez o professor e a própria escola tenham atuações diferentes das que tenham hoje, porém devem coexistir. Já outros pensam que a contribuição que traz a utilização de computadores na educação não passa de inovações conservadoras, onde o computador apenas realiza o que já vinha sendo feito por outros meios ou recursos auxiliares do professor. Neste caso, o computador apenas estaria simulando o uso de outros recursos, tais como: retro-projetores, projetor de filmes, slides etc.

Para estes educadores o computador traria contribuições substanciais em termos didáticos e pedagógicos, mas não epistemológicos. A capacidade para perceber o potencial do uso do computador está ligada à experiência do professor, seu domínio de conteúdo e estratégias que lhe permitam avaliar a conveniência do seu uso em diferentes situações.

O uso do computador no processo ensino-aprendizagem pressupõe, a busca de meios e recursos tecnológicos, com vistas a ajudar o aluno a aprender de forma mais rápida e eficaz e possibilitar ao professor dedicar-se a atividades condizentes com a sua capacidade ao invés de tarefas rotineiras.

Lévy (2004) enfatiza porém, que "é preciso deslocar a ênfase do objeto (o computador, o programa, este ou aquele módulo técnico) para o projeto (o ambiente cognitivo e a rede de relações humanas que se quer instituir)".

Utilizado como ferramenta cognitiva, o computador tornou-se mais um elemento para expandir o conhecimento humano, tendo como ponto positivo, sua grande flexibilidade de adaptação ao ritmo da aprendizagem individual de cada aluno. Assim, a educação na era da informática exige um novo paradigma: pensar, analisar, concluir, inferir, interpretar. Este paradigma traz a perspectiva de aproximar a educação do novo perfil do aluno: valorização não só da aquisição do conhecimento mas, principalmente, das habilidades do pensamento (Geller & Enricone, 1998).

O uso do computador no processo ensino-aprendizagem pressupõe, a busca de meios e recursos tecnológicos, com vistas a ajudar o aluno a aprender de forma mais rápida e eficaz e possibilitar ao professor dedicar-se a atividades condizentes com a sua capacidade ao invés de tarefas rotineiras.

Para Mucchielli (1988) os principais problemas associados ao uso dos computadores são de natureza material e pedagógica. Em relação aos problemas de ordem material refere:

- O fato de o *hardware* se tornar rapidamente obsoleto.
- A disponibilidade de *hardware* (por exemplo, na maioria dos estabelecimentos escolares não existe ainda um computador por cada aluno nas aulas).
- As ligações de *hardware* (por exemplo, problemas de conexão, tomadas, etc.) e a manutenção dos equipamentos.

Já nos problemas de natureza pedagógica relata que podem sistematizar-se da seguinte forma:

- A maior parte dos programas deixa bastante a desejar, não sendo utilizados pelos alunos nem na sala de aula nem em casa.
- A avaliação dos programas é difícil, dado o número crescente destes. Isto dificulta o conhecimento dos programas mais relevantes não podendo o professor apreciar devidamente a adequação destes às suas necessidades pedagógicas.
- Dificuldades na obtenção de *software* de boa qualidade. Muitas vezes o resultado da apresentação pelo professor de *software* na sala de aula é monótono para os alunos.
- Falta de formação dos docentes para utilizarem as novas tecnologias. De fato, de nada serve utilizar o melhor *hardware* e *software* na sala de aula se o professor não estiver profundamente envolvido.

2.3 A UTILIZAÇÃO DE COMPUTADORES NO ENSINO E APRENDIZAGEM EM ENGENHARIA

Inicialmente o computador foi utilizado no ensino e aprendizagem de engenharia na elaboração de cálculos matemáticos, tendo como grande característica a de ferramenta auxiliar. Com o desenvolvimento da computação gráfica e o melhor desempenho dos microcomputadores, o computador integrou-se com facilidade à área tecnológica. Aos poucos as interfaces de comunicação foram melhorando, tornando-se mais atrativas, amigáveis e os computadores mais baratos, intensificando assim o seu uso, em todas as áreas.

Os computadores no ensino e aprendizagem de engenharia vêm sendo utilizados de diversas formas, nas salas de aula, em atividades extras, no ensino à distância, na educação continuada, etc. É fácil notar que o número de experiências que envolvem computadores no ensino e aprendizagem de engenharia a cada dia é maior. Basta para isso verificar os anais dos últimos congressos realizados pela Abenge (Associação Brasileira de Ensino de Engenharia - <http://www.abenge.org.br>), onde analisando os trabalhos publicados nos Congressos (Cobenge'98 até Cobenge'2004), percebe-se o crescente interesse, e como conseqüência na pesquisa, do uso de computadores e software educacional nas áreas da Engenharia.

O COBENGE constitui um fórum de debates e reflexões sobre temas fundamentais para o ensino da engenharia. As transformações desencadeadas pela Globalização e o conseqüente aumento da competitividade requerem amplas discussões sobre que novos rumos devem ser tomadas e quais ações devem ser adotadas, a fim de acompanhar os novos tempos. Neste contexto, o ensino da engenharia e a educação tecnológica assumem importância ainda mais decisiva, ampliando a responsabilidade das instituições de ensino.

O COBENGE iniciou-se em 1973, tendo sido realizado ininterruptamente desde então. A última edição em 2004 foi a 32ª edição e tem tido crescente interesse da comunidade acadêmica. As edições mais recentes foram: 1997- Salvador (UFBA); 1998 – São Paulo (Univ. São Judas Tadeu); 1999 – Natal (UFRN); 2000 – Ouro Preto (UFPO); 2001 – Porto Alegre (PUC-RS); 2002 – Piracicaba (UNIMEP); 2003 - Rio de Janeiro e em 2004 na UNB de Brasília.

No último COBENGE realizado em 2004 na UNB de Brasília, foram apresentados 443 artigos representando os seguintes temas: Novas Tecnologias e Metodologias no Ensino de Engenharia, Avaliação e Projeto Pedagógico, Ciência Básica e Engenharia, Diretrizes Curriculares, credenciamento, exame nacional de cursos, Cooperação Inter-institucional e parceria Universidade-Empresa, Ensino à Distância e educação continuada, Integração da Graduação, Pós-graduação e extensão, Engenharia, sociedade e ambiente, Engenharia e também Inovação tecnológica e empreendedorismo.

2.4 OS DESAFIOS DO PROFESSOR DIANTE DAS NOVAS TECNOLOGIAS

Em geral, existem reclamações nas escolas e universidades, de que os alunos não prestam atenção na aula, que é difícil manter a motivação e interesse destes pelo assunto lecionado, discute-se muito a maneira do professor lecionar, os alunos reclamam do tédio de ficar ouvindo um professor falando na frente por horas, da rigidez dos horários e da distância entre o conteúdo das aulas e o cotidiano do dia a dia.

Passando pelos corredores das salas de aula, o que se vê geralmente é o professor falando e uma classe cheia de alunos semi-atentos. A infra-estrutura

muitas vezes é precária, salas barulhentas, mal planejadas e mal estruturadas, salas quentes de mais, sem a devida ventilação, a voz do professor mal chega aos que estão mais distantes. Poder utilizar recursos mais avançados como um “datashow” ou projetor multimídia, em muitos casos é uma tarefa complicada, pela falta de recursos das escolas. Muitas vezes existe um único equipamento para um prédio inteiro, havendo colisão de horários para seu uso em 2 situações diferentes.

Vasconcelos e Stump (2002), citam que a prática pedagógica no campo específico da Engenharia, é o centro das discussões dos Encontros de Educação em Engenharia (EEE), que tem despertado o interesse e propiciado a integração de diferentes Instituições de Ensino Superior do país, estes autores destacam também, que o ensino superior tem como premissa favorecer o desenvolvimento crítico e pleno de seus alunos, portanto devendo-se criar condições adequadas para a fluência do diálogo, da discussão dos alunos, da análise e da inovação.

Há sinais de que está se processando uma mudança no sentido de que a didática e a pedagogia, com pertinentes adequações ao universo da Engenharia, venham a ocupar seu devido espaço na bagagem de conhecimento e de formação do professor, como afirma Oliveira (2002). O mesmo autor salienta que ao professor de Engenharia não basta mais dominar o conhecimento científico e técnico dos conteúdos ou o funcionamento dos meios disponíveis para ministrar esses conteúdos. Deverá conhecer e aplicar métodos e técnicas de ensino-aprendizagem devidamente estruturados e consistentes.

A educação está tão defasada em vários níveis, que não bastam medidas paliativas. Submeter alunos a ficar confinados horas seguidas de aula numa mesma sala, quando se tem outras possibilidades, torna-se cada dia mais questionável e contraproducente. Para alunos que tem acesso à Internet, à multimídia, as universidades e escolas têm que repensar esse modelo engessado de currículo, de aulas em série, de considerar a sala de aula como único espaço em que pode ocorrer a aprendizagem, podendo lançar mão de novos recursos e novas tecnologias, como salas de aula informatizadas, com conteúdo desenvolvido direcionado a este tipo de estratégia educacional.

Pereira Filho (2002), indica que 50% dos estudantes que ingressam nos cursos de Engenharia abandonam o curso, a maioria nos primeiros anos, pelos mais diversos motivos, havendo indícios que práticas pedagógicas e técnicas de ensino-aprendizagem inadequadas tenham uma grande parte de culpa nesta desistência.

Martinez (1996), refere que diversos estudos realizados, demonstram que os estudantes apoiados pela educação mediada com tecnologia necessitaram de um terço menos de tempo, do que os estudantes que utilizaram métodos tradicionais para superar etapas de ensino.

O aperfeiçoamento da qualidade de ensino é o pressuposto que justifica a utilização da informática em diversos contextos educacionais. Conforme Barros (1995), relatos de experimentos em diversos níveis e tipos de ambientes de aprendizagem têm resultados controversos: alguns apontam a tecnologia informática como co-responsável pela melhoria da aprendizagem enquanto outros não apresentam evidência significativa na qualidade da aprendizagem, tendo como justificativa inadequações da tecnologia e das estratégias pedagógicas.

De acordo com Barros (1995), o ensino de graduação, em especial, deve ser alvo de pesquisa e de reflexão para que sejam formados os profissionais de todas as áreas do conhecimento, incluindo educadores, para a Era da Informação. A aprendizagem vai envolver a criação e as mudanças dos estados e das estruturas de conhecimento, sendo que mudanças serão necessárias para acomodar estas novas experiências (Behar, 1992).

A escola tradicional possui como principal característica a concepção de que o conhecimento é transmitido por meio de aulas expositivas, e seu aprendizado verificado pela aplicação de provas. Nos cursos de Engenharia, que teriam de ser essencialmente voltados para a inclusão dos trabalhos em laboratório, por maior que seja a presença de tecnologia e por mais que se questione a afetividade das antigas práticas, as aulas expositivas e as provas continuam sendo dominantes, como afirma Pereira Filho (2002).

O mesmo autor salienta também, que deixa-se de fazer o que há de melhor na interação aluno-professor para apropriação dos saberes constituídos. Prejudica-se a orientação, o aconselhamento, a troca de experiências, perde-se

tempo reprisando o que qualquer aluno pode obter sozinho por meio da leitura e estudo, cria-se a dependência da transmissão do conhecimento e vicia-se o aluno no treinamento para a prova.

2.5 SIMULAÇÕES

As simulações podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos específicos reais ou imaginados, de sistemas ou fenômenos. Elas podem ser bastante úteis, particularmente quando a experiência original for impossível de ser reproduzida pelos estudantes.

Exemplos de tais situações podem ser uma descida na Lua, uma situação de emergência em uma usina nuclear ou mesmo um evento histórico ou astronômico (Medeiros apud Russel, 2001), mas também nas áreas da engenharia existem inúmeras situações em que as simulações podem ser extremamente úteis, sendo facilitadoras de muitos processos. Experimentos perigosos ou de realizações muito caras assim como os que envolvam fenômenos muito lentos ou extremamente rápidos estão, também, dentro da classe de eventos a serem alvos prioritários de simulações computacionais no ensino da Física (Snir et al, 1988), e que podem muito bem também aplicar-se nas áreas da Engenharia.

Se partirmos da definição de que simular é construir modelos de sistemas reais, experimentá-los e aprender com eles, pode-se inferir que a simulação é uma técnica muito antiga, pois já nas pinturas rupestres dos primeiros seres humanos, utilizavam desenhos para simular as caçadas e rituais.

A simulação tornou-se uma abordagem de estudo cada vez mais utilizada nas mais variadas áreas de conhecimento e alguns fatores tem contribuído para isso: a crescente complexidade dos problemas enfrentados e a maior disponibilidade de recursos computacionais, o barateamento e popularização dos computadores e o desenvolvimento dos recursos computacionais, programas e linguagens novas, contribuem de maneira decisiva para a disseminação das simulações.

Segundo Vance e Bosworth (2003), uma simulação é um ambiente realístico no qual os estudantes executam uma tarefa significativa e experimentam suas conseqüências, avaliando o comportamento deles/delas naquele ambiente. Numa simulação, os estudantes têm freqüentemente ferramentas de ajuda e apoio, embutidos na própria simulação, de como utilizar estas próprias ferramentas para realizar as tarefas. Estes autores ainda destacam que as simulações podem trazer alguns benefícios na aprendizagem dos alunos, tais como:

- Uma aprendizagem mais profunda, onde os estudantes simulam um problema complexo, resolvendo estratégias e integrando habilidades.
- Ambiente de baixo risco, pois os estudantes adquirem experiência com situações difíceis sem conseqüências caras ou irreversíveis, de modelos reais de alto custo.
- Os estudantes são emocionalmente mais envolvidos quando mergulham em uma experiência de real do mundo. Simulações trazem experiências de aprendizagem efetivas porque eles servem como uma ponte do ambiente de aprendizagem para realidade.

As recentes tecnologias de base informática abriram novas perspectivas para o ensino e aprendizagem das ciências em geral. Um dos diversos modos de utilização do computador, como as simulações permitiram a diversificação de estratégias no ensino. O professor dispõe de novas possibilidades para transmitir conteúdos e os alunos dispõem de uma maior variedade de meios para aprender. Os modos de utilização que disponibilizam formas de aprendizagem interativas são particularmente promissores para aprender ciências.

O uso de simulações nas diversas áreas do conhecimento tem crescido de forma intensa. Na área educacional, em particular, as simulações vêm sendo exploradas como uma ferramenta complementar de atividades didáticas convencionais. Em certas situações, as simulações substituem experimentos reais com grande vantagem Barbeta (2000).

Conforme Focking (1999), a Simulação é a representação ou modelagem de um objeto real, de um sistema ou evento. É um modelo simbólico e representativo da realidade que deve ser utilizada a partir da caracterização dos aspectos

essenciais do fenômeno. Isto significa que a simulação deve ser utilizada após a aprendizagem de conceitos e princípios básicos do tema em questão.

As simulações são classificadas de acordo com o uso de computadores em educação como aprendizagem por descoberta, possibilitando aos alunos utilizar o computador para explorar e usar habilidades para a solução de problemas. Oferecem ao aprendiz a possibilidade de desenvolver hipóteses, testá-las e refinar conceitos (Focking, 1999). Esta modalidade se destaca também pela grande utilidade para trabalhos em grupo, sobretudo para situações em que envolve-se a tomada de decisões.

Segundo Cardoso (1998), as simulações têm demonstrado ser ferramentas de aprendizagem muito efetivas, ainda que os professores tenham sido lentos para explorarem este claro potencial. Em estudos comparando programas de simulações com laboratórios tradicionais demonstrou-se que, embora a aquisição de conhecimento por ambos os grupos tenha sido a mesma, os estudantes tiveram uma atitude mais positiva na utilização em programas deste tipo, e que o custo de laboratórios convencionais baseados nesta abordagem foi de cinco vezes maior. A aprendizagem com simuladores é significativamente maior que os outros tipos. Porém, para promover seu uso na educação é necessário facilitar o seu desenvolvimento e maximizar o seu uso.

Simulações computacionais vão além das simples animações. Elas englobam uma vasta classe de tecnologias, do vídeo à realidade virtual, que podem ser classificadas em certas categorias gerais, baseadas fundamentalmente no grau de interatividade entre o aprendiz e o computador (Kennepohl, 2001). Tal interatividade consiste no fato de que o programa é capaz de fornecer não apenas uma animação isolada de um fenômeno em causa; mas, uma vasta gama de animações alternativas selecionadas através do *input* ou entrada de parâmetros ou variáveis pelo estudante. Desta forma, por exemplo, para ilustrar a vazão da água dentro de um canal, uma simulação pode permitir ao estudante a escolha de parâmetros relevantes tais como porcentagem de abertura do registro de entrada de água, declividade do canal, rugosidade do mesmo, e diversas posições de uma comporta na saída no canal, represando mais ou menos a água, interferindo desta maneira na velocidade de escoamento,

para os quais o programa fornece as respectivas animações geradas a partir de interações dos alunos com o sistema.

Para Billhardt (2004), pode-se considerar uma simulação como boa, quando usa a complexidade que é apropriada para os objetivos de aprendizagem, e metas da experiência que está sendo simulada, e faz a simulação experimental tão fácil quanto possível de entender para o estudante.

Ao usar simulações computacionais baseadas num modelo da realidade física, as ações básicas do aluno consistem em alterar valores de variáveis ou parâmetros de entrada e observar as alterações nos resultados.

Evidentemente, qualquer simulação está baseada em um modelo de uma situação real, modelo matematizado e processado pelo computador a fim de fornecer animações de uma realidade virtual. A construção, portanto, de uma simulação computacional pressupõe, necessariamente, a existência de um modelo que lhe dá suporte e que lhe confere significado.

Embora as simulações não devam substituir por completo a realidade que representam, principalmente pela representação complexa de fenômenos naturais, de difícil modelagem matemática, elas são bastante úteis para abordar experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática (por serem muito caras, muito perigosas, demasiado lentas, demasiado rápidas, etc.). Quando estas simulações se revestem de um caráter de "jogo", fornecem uma recompensa pela realização de um certo objetivo, pois tendem a manter a atenção dos alunos sobre o objeto de aprendizagem abordado Fiolhais e Trindade (2003).

O acesso a boas simulações contribui para solucionar algumas questões no ensino das ciências Good (1990). De fato, os alunos que estão formando e desenvolvendo seu pensamento sobre determinadas matérias científicas encontram problemas típicos que podem ser resolvidos por ambientes de simulação orientados por preocupações pedagógicas. Isto pode ser realizado numa fase inicial da aprendizagem dessas matérias pois os alunos não necessitam de dominar todo o formalismo matemático para explorar uma dada simulação. Pelo contrário, se aos estudantes só forem fornecidas equações como modelo da realidade, eles serão colocados numa posição onde nada nas suas

idéias comuns é parecido ou reconhecido como física. Esta é uma situação que obviamente dificulta a aprendizagem, segundo Papert (1980).

Como já foi dito anteriormente neste trabalho, a caracterização de jogo de algumas simulações pode aumentar bastante o seu potencial pedagógico. Os jogos permitem uma grande variedade de situações e uma exploração flexível delas pelos jogadores ou alunos (a resposta rápida e individualizada dada por um computador constitui precisamente uma das causas da fixação dos jovens pelos jogos).

2.6 SIMULAÇÕES E INTERNET

A Internet está tendo um grande sucesso na sociedade como um todo, e nas escolas e universidades também. Ela tornou-se a maior e mais ativa de todas as bibliotecas do mundo, fornecendo uma ligação direta com as fontes de informação do mundo inteiro, em tempo real. A Internet relaciona-se com os vários meios de uso do computador no ensino que foram anteriormente mencionados neste trabalho. A utilização do computador em rede pode incluir a exploração de diversos mecanismos de ensino, utilizando ferramentas tecnológicas, muito úteis e de resultados expressivos no processo de ensino aprendizagem.

Heermann e Fuhrmann (2002) ressaltam que através do uso de computadores, o estudante tem a possibilidade de rever o conteúdo quantas vezes achar necessário. Mas, uma das grandes maneiras de prover o acesso ao estudante seria disponibilizar o conteúdo desejado na WEB, tendo como proposta a de tornar possível o acesso através de um browser ou navegador de Internet, onde o estudante possa interagir com a simulação.

Particularmente no estudo de caso deste trabalho, no futuro pretende-se colocar as simulações na Internet, para poder serem executadas como simulações “on line”, aproveitando todas as vantagens que esta característica traz.

As simulações on-line, também chamadas applets, são simulações escritas preferencialmente na linguagem de programação Java livremente disponíveis na web e que podem ser executadas sem qualquer instalação no computador, a

única exigência para o usuário que as utiliza é que este possua um “browser” ou navegador, como o Netscape Navigator, Internet Explorer, Firefox, etc, ou o aplicativo Java instalado no micro.

As simulações realizadas utilizando o software Flash MX, também podem ser disponibilizadas na Internet, já seja incorporada a arquivos com formato html (Hiper Text Markup Language), ou como arquivo padrão do Flash, com extensão swf, necessitando apenas do “plugin” Flash para poder ser executado.

2.7 RELEVÂNCIA DAS SIMULAÇÕES NA ENGENHARIA

As simulações computacionais podem desempenhar um papel muito importante no ensino e aprendizagem da engenharia, destacando alguns pontos:

- As simulações podem permitir que os alunos construam modelos mentais de sistemas físicos. Muitas vezes os alunos não conseguem desenvolver modelos mentais adequados apenas com a escuta do professor ou a leitura dos manuais; por isso, recorrem à memorização. A observação de simulações bem concebidas pode ajudar o aluno a desenvolver modelos mentais estruturados.
- As simulações podem despertar ou aumentar o interesse dos alunos. O fato de os alunos poderem controlar determinadas simulações induz uma aprendizagem mais fácil e rápida. Com efeito, o aluno pode ver como se altera o comportamento do modelo numa variedade de situações e condições.

Analisando a relação custo-benefício das simulações, chega-se à conclusão de que estes objetos de aprendizagem são merecedores de uma análise objetiva, já que podem ser utilizados em qualquer instante e ambiente que possibilite acesso à internet ou em outras mídias como em CD-ROM e podem ilustrar situações que são difíceis para serem demonstradas apenas com recursos didáticos tradicionais, como quadro e giz.

2.8 VANTAGENS DAS SIMULAÇÕES

Podem ser observadas uma série de vantagens do experimento simulado, em relação ao experimento tradicional. Entre estas vantagens possivelmente a mais importante seja, o fato de que elas permitem realizar o experimento em condições que não são possíveis no laboratório. Além disso, as simulações ajudam na visualização de fenômenos transientes, a reduzir custos a longo prazo, além de ter a possibilidade de transferir atividades repetitivas ao computador, etc.

O uso conjunto de simulações, desenvolvimento teórico e prática real, de um dado tópico, pode a princípio, melhorar o entendimento dos alunos nestas situações.

Segundo Barbeta (2000) os tópicos da matéria que foram reforçados através do uso de demonstrações feitas com auxílio de programas de simulação, o desempenho foi melhor do que naqueles em que este recurso não foi utilizado. Como as simulações realizadas para o estudo de caso deste trabalho, foram elaboradas com a utilização do software Flash MX, cabe destacar que as simulações em Flash tem algumas vantagens, destacadas a seguir:

- Velocidade. As simulações, desde que bem elaboradas, são tão rápidas quanto de outros programas.
- Acessibilidade. O fato das simulações em Flash não necessitarem de qualquer instalação no computador torna-as de fácil acesso, pois pode-se gerar animações auto-executáveis, ou simplesmente para visualização via Internet, com a simples adição do “plugin” Flash da Macromedia, ao navegador ou browser de Internet, no computador que está sendo utilizado.
- Interação. O Flash permite utilizar um conjunto de elementos gráficos, que permitem interação fácil entre o usuário e a simulação.
- Operacionalidade. Estas simulações podem ligar-se a vários formatos de mídia (texto, gráficos, animação e som, entre outros).
- Portabilidade e usabilidade. Estas animações podem ser salvas em formato de arquivos executáveis, que podem rodar em qualquer computador independente do sistema operacional (desde que sejam

versões do ambiente Windows), ou até em formatos facilmente importados para páginas Web ou arquivos html, podendo assim desta maneira, disponibilizar o conteúdo das simulações na Internet.

- Recursos de programação. Com a ajuda da linguagem de programação Action Script, pode-se desenvolver novas funcionalidades, e acrescentar recursos sofisticados em termos de animação, e de recursos de cálculo científico e utilização de variáveis.

Num trabalho de doutorado relativamente recente, Kennepohl (2001) fez um amplo levantamento das principais justificativas apontadas para o uso de simulações. A análise de tais posicionamentos constitui-se em um importante campo de pesquisa da educação científica atual. Dentre tais posicionamentos, pode-se destacar os seguintes benefícios:

- reduzir o 'ruído' cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos;
- fornecer um *feedback* para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos;
- permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente;
- permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses;
- engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade;
- envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica;
- apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos;
- tornar conceitos abstratos mais concretos;
- reduzir a ambigüidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos;
- servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório;
- desenvolver habilidades de resolução de problemas;

- promover habilidades do raciocínio crítico;
- fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos;
- auxiliar os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta;
- acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual.

2.9 CONTROVÉRSIAS SOBRE AS SIMULAÇÕES

Segundo Neves e Martins (2002), o currículo escolar das Engenharias é sobrecarregado com disciplinas que procuram transmitir conteúdos, mas raramente se articulam para mostrar uma abordagem sistêmica dos problemas da Engenharia. A postura dos professores reflete uma visão filosófica que valoriza mais o programa a cumprir, do que a aprendizagem, que seria ao avanço na formação e apropriação do conhecimento.

Diante de um quadro tão otimista sobre as possibilidades educacionais das simulações no ensino da Ciência, se faz necessário questionar sobre quais as limitações existentes para a execução delas. Deve-se observar, que por trás de todo o otimismo há uma linha de argumentação a ser devidamente examinada. Portanto além de analisar as vantagens educacionais; deve-se rever as bases epistemológicas das simulações computacionais, que dão sustento aos benefícios que elas poderiam trazer para o ensino.

Cabe destacar, que enquanto muitos educadores conferem às simulações poderes educacionais excepcionais, outros tantos continuam ainda avessos às mais simples introduções da Informática no ensino da Ciência. Entre a euforia e o pânico existe, portanto, todo um campo de argumentações a ser devidamente explorado e criteriosamente examinado com o necessário rigor analítico, comenta Medeiros (2002).

Neves e Martins (2002), citam no livro Educação em Engenharia, de que num extremo posicionam-se aqueles professores que reduzem a tecnologia a mero instrumento, entre outros disponíveis ao professor, para a rápida habilitação

dos alunos em competência técnicas específicas. Em outro, posicionam-se aqueles que vêem a tecnologia como uma nova fronteira científica essencial. Estes autores citam ainda que em geral, o posicionamento dos professores se dá entre essas duas situações, alguns defendendo mais ou menos às novas tecnologias.

Uma grande ênfase é dada comumente ao fato de que novas tecnologias educacionais, tais como as simulações computacionais, possibilitaram uma mudança radical no modo de se ensinar a Física. Em muitos aspectos, essa mudança equivale à quebra de um antigo paradigma educacional baseado em aulas expositivas e laboratórios tradicionais. Medeiros (2002), também salienta que pouca referência é feita, entretanto, aos perigos que uma tal mudança educacional pode, igualmente, trazer consigo. O excesso de entusiasmo acerca das novas tecnologias pode obscurecer o fato de que, com o seu uso, alguns conhecimentos e habilidades importantes estejam sendo inadvertidamente perdidos (Miro-Julia, 2001).

Há um grande risco implícito na adoção a crítica das simulações no ensino, pois elas apresentam certas desvantagens, algumas vezes negligenciadas. Um sistema real é freqüentemente muito complexo e as simulações que o descrevem são sempre baseadas em modelos que contêm, necessariamente, simplificações e aproximações da realidade. Uma tal modelagem de um sistema físico é crucial para que as simulações construídas possam constituir-se em boas aproximações da realidade (Bergqvist, 2000).

Existe uma diferença significativa entre o ato de vivenciar um fenômeno através de um experimento real e de uma simulação computacional. Se tal diferença não for percebida, as simulações podem, por vezes, comunicar concepções do fenômeno opostas àquelas que o educador pretendia veicular com o seu uso, como a pesquisa educacional tem mostrado (Verbic, 1996).

As modernas técnicas computacionais têm tornado as representações visuais e simulações computacionais fáceis e bastante realísticas. Ao mesmo tempo, também têm criado uma tendência perigosa de um uso exagerado de animações e simulações considerando-as como alternativas aos experimentos reais, como se tivesse o mesmo *status* epistemológico e educacional.

Destacando a importância do realismo e trabalhando com estudantes de Engenharia num laboratório assistido por computador, Edward (1996) observou que as simulações mostravam-se menos efetivas do que os experimentos reais.

A necessidade, entretanto, de um certo realismo nas simulações não é tarefa simples como possa parecer à primeira vista. Pressupostos contidos nas necessárias simplificações que fundamentam os modelos, nos quais as simulações estão baseadas, passam freqüentemente despercebidos pelos estudantes e mesmo por muitos professores. É verdade que uma boa simulação pode comunicar melhor do que imagens estáticas, ou mesmo do que uma seqüência delas, idéias sobre movimentos e processos em geral.

Mas, poder dizer que as simulações seriam ao menos equiparáveis aos experimentos reais, constitui-se em um equívoco. É preciso estar em alerta para o fato de que essa arma poderosa pode servir, paradoxalmente, também, para comunicar imagens distorcidas da realidade com eficiência igualmente maior do que a das figuras estáticas. Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes.

Medeiros (2002) ainda salienta que é preciso ter presente que o ponto de partida de toda simulação é a imitação de aspectos específicos da realidade, isto significando que, por mais atraente que uma simulação possa parecer, ela estará sempre seguindo um modelo matemático desenvolvido para descrever a natureza, e este modelo poderá ser uma boa imitação ou não. Uma simulação pode tão somente imitar determinados aspectos da realidade, mas nunca a sua total complexidade, a experimentação real é soberana na veracidade dos fatos.

Críticos mais severos da utilização irrefletida da Informática na Educação têm chamado a atenção para o fato de que as simulações computacionais parecem limitar a possibilidade de os estudantes serem confrontados com a riqueza da experiência dos erros experimentais e, assim, da tentativa de resolverem problemas da vida real (Kimbrough, 2000).

2.10 SIMULAÇÕES NA ENGENHARIA

As recentes tecnologias com base na informática abriram novas perspectivas para o ensino e aprendizagem das ciências em geral e inclusive na Engenharia. Os diversos modos de utilização do computador (aquisição de dados, modelagem matemática, geoprocessamento, simulação, multimídia, realidade virtual e Internet) permitiram a diversificação de estratégias no ensino. O professor dispõe de novas possibilidades para transmitir conteúdos e os alunos dispõem de uma maior variedade de meios para aprender. Os modos de utilização que disponibilizam formas de aprendizagem interativas são muito promissores para aprender ciências.

A modelagem e a simulação de sistemas físicos são técnicas extremamente úteis para as engenharias e utilizadas em diversas situações. O domínio de tais técnicas permite a abstração das características essenciais de um sistema a um baixo custo, pois a simulação como resolução da modelagem, permite representar artificialmente um fenômeno real para a análise de seu comportamento dinâmico, comparar e identificar as soluções mais adequadas.

O uso de simulações nas diversas áreas do conhecimento tem crescido de forma bastante intensa. Em muitas situações, as simulações substituem experimentos reais com grande vantagem. Podendo citar, por exemplo, a economia de recursos, a possibilidade de se realizar experimentos sofisticados sem a necessidade de grandes investimentos em equipamentos, a capacidade de se realizar experimentos em condições que não seriam possíveis ou viáveis em laboratório ou até o fato de evitar expor o experimentador a situações de risco.

Segundo Barbeta (1999) a busca de um novo paradigma de ensino, que melhor se adapte à sociedade em que este se encontra inserido, já vem sendo, há algum tempo, alvo das iniciativas governamentais e de educadores de uma forma geral. É quase que um consenso que através da modificação na forma de ensinar, deva se chegar a um modelo de ensino mais centrado no aluno e menos no professor.

Neste novo paradigma, em oposição ao antigo, cabe ao professor ser um tutor e não um mero transmissor de informações, e para isto, uma melhora no

processo ensino-aprendizado pode ser obtida através da incorporação de novos recursos tecnológicos à sala de aula. Barbata (1999), cita que com o uso de recursos de simulação, observa-se um aumento do interesse do aluno, pois durante as demonstrações, mantêm-se atentos e realizam uma série de questionamentos relativos ao que está sendo apresentado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

As simulações descritas neste trabalho, foram desenvolvidas utilizando o software Flash MX, da Macromedia, e aplicadas a uma turma da disciplina regular do curso de Engenharia da UFRGS – Mecânica dos Fluidos II - IPH 01107, turma B, semestre 2004/02. Esta disciplina é oferecida pelo Departamento de Hidromecânica e Hidrologia (DHH), do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, e está inserida na grade curricular do 9º semestre do curso, sendo portanto, alunos com uma bagagem bastante completa de conteúdo, na área de Engenharia, os que realizaram as simulações.

Por uma questão estratégica de avaliação, a turma foi dividida em 2 grupos; estes grupos foram estabelecidos pelo critério de ordem de chegada, no dia marcado para a aula prática, ou seja, aproximadamente a primeira metade da turma que chegava ao laboratório de hidráulica, era direcionada para o laboratório de informática, desta maneira, estes alunos realizariam antes as simulações, e o restante da turma veria diretamente a prática real, no laboratório de hidráulica, assim formaram-se 2 grupos com 12 e 17 alunos cada um, sendo que o grupo de 12 alunos foi o que realizou primeiramente a prática e depois as simulações, chamado de grupo Hidra-Inf, e o grupo de 17 alunos, realizou primeiro as simulações e depois as práticas reais, chamado de grupo Inf-Hidra.

Na aula seguinte, ocorreu a inversão, e os alunos que inicialmente realizaram as simulações, foram para o laboratório de hidráulica, sendo que os que tinham realizado a prática real, conheceram as simulações na sala de aula informatizada. A determinação de dividir a turma em 2 grupos, foi em função de que o professor da disciplina, Prof. Luiz Endres, tinha a impressão de que os alunos que tivessem acesso às simulações antes das práticas, deveriam ter um

ganho no processo de aprendizagem, fato que será avaliado nos resultados e conclusão deste trabalho.

3.1 Aulas Práticas no Laboratório de Hidráulica

Na disciplina de Mecânica dos Fluidos II, os alunos realizam aulas práticas, onde fazem 3 experimentos no laboratório de hidráulica: Velocidade em Canal, Esvaziamento de Reservatório e Aferição de Venturi.

As figuras 1 a 3, representam os componentes dos respectivos experimentos: Esvaziamento de Reservatório, Velocidade em Canal e Aferição de Venturi, no laboratório de hidráulica.

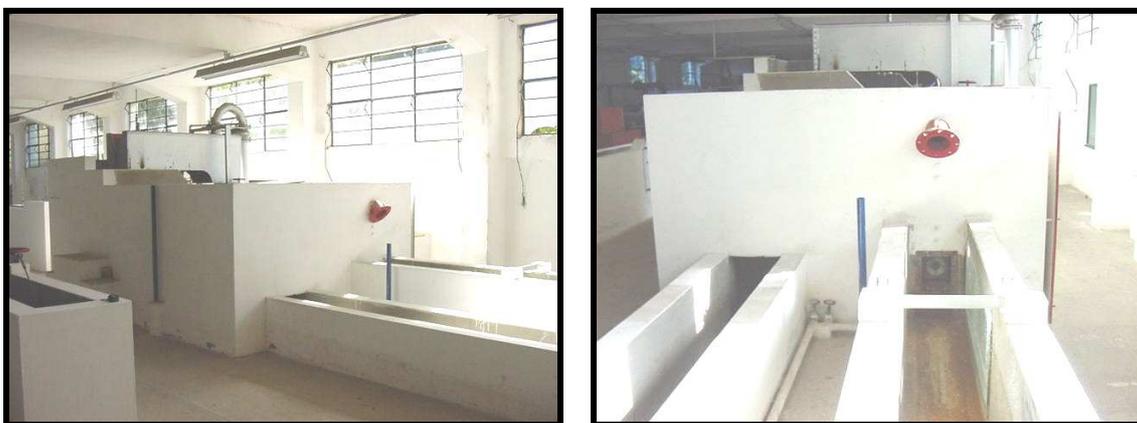


Figura 1. Componentes do Experimento Esvaziamento de Reservatório.



Figura 2. Componentes do Experimento Velocidade em Canal.



Figura 3. Componentes do Experimento Aferição de Venturi.

Para a elaboração das práticas, os alunos devem seguir um roteiro previamente descrito, e entregue a eles, onde devem executar uma série de ações, para o bom término das práticas; este roteiro está descrito nos respectivos anexos: ANEXO F - Roteiro do Experimento Esvaziamento de Reservatório, ANEXO G - Roteiro do Experimento Velocidades em Canal e ANEXO H - Roteiro do Experimento Aferição de Venturi.

A turma participante da aula prática, é dividida em 3 sub-grupos, onde cada grupo executa uma das 3 práticas, e à medida que terminam cada experimento, trocam de posições, desta maneira os 3 sub-grupos finalizam os 3 experimentos no decorrer da aula prática. Por fim, com os resultados obtidos, os alunos devem apresentar um relatório com as conclusões de cada experimento.

3.2 Aula no Laboratório de Informática - Simulações

Parte da turma que não estava participando da aula prática no laboratório de hidráulica era direcionada para a sala de aula informatizada, onde tiveram o primeiro contato com as simulações das práticas de hidráulica. Aos alunos era oferecido um computador por pessoa, onde em cada computador, já estavam previamente instaladas as simulações, que posteriormente iriam conhecer.

A figura 4 mostra uma visão da sala de aula informatizada, onde foram realizados os experimentos através das simulações.



Figura 4. Sala de aula informatizada

Primeiramente os alunos assistem toda a apresentação técnica e teórica, do desenvolvimento das simulações, explicando de que maneira foram concebidas, e o sistema de navegação dentro de cada simulação, mostrando as funções dos menus de navegação e como é a seqüência de cada experimento. As figuras 5 a 7 mostram o painel principal de cada experimento: tela principal do experimento Esvaziamento de Reservatório, tela principal do experimento Velocidades em Canal e tela principal do experimento Aferição de Venturi, respectivamente.

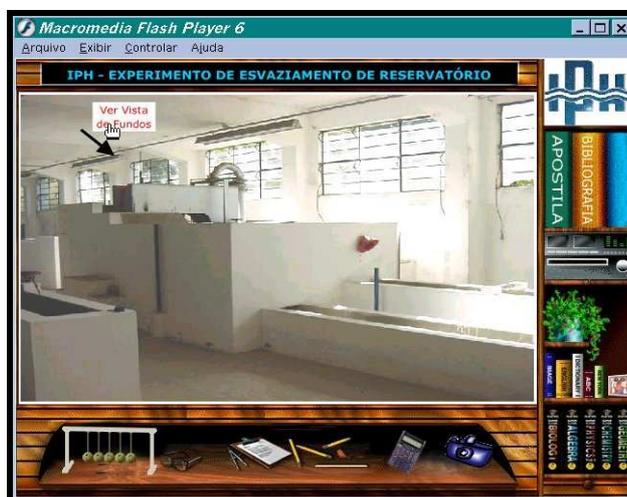


Figura 5. Tela principal do experimento Esvaziamento de Reservatório

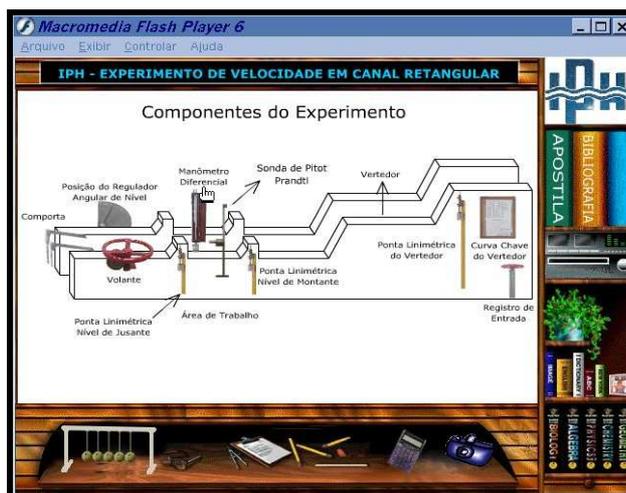


Figura 6. Tela principal do experimento Velocidades em Canal



Figura 7. Tela principal do experimento Aferição de Venturi

Na seção de anexos deste trabalho, são detalhadas todas as telas de cada simulação: ANEXO B -Telas da simulação Experimento de Velocidade em Canal, ANEXO C - Telas da simulação Aferição do Venturi ou Diafragma, ANEXO D - Telas da simulação Esvaziamento de Reservatório e ANEXO E - Telas do menu de navegação, comum às 3 simulações.

Uma vez terminada a explicação sobre as simulações, os alunos ficam livres para experimentar os recursos oferecidos, podendo interagir com as simulações, da maneira que cada um achar conveniente, sendo que ao mesmo tempo, há um espaço aberto na aula, para o diálogo e questionamentos a respeito do material utilizado.

Finalizada a aula com as simulações, os alunos recebem um questionário de avaliação, cujo modelo consta no Anexo A deste trabalho, que posteriormente será analisado, para avaliar os possíveis impactos positivos e/ou negativos que estas simulações tiveram no processo de aprendizagem dos alunos.

Além disto, os alunos são informados de que o material avaliado na aula de simulações, fica disponível na internet para consulta, no endereço <http://galileu.iph.ufrgs.br/iph107simula/>, como mostra a figura 8, onde eles podem fazer “download” do material para seus micros pessoais, e poder fazer uso das simulações em casa, sendo que no próximo semestre (2005-1), os alunos poderão ter acesso também às simulações via web, podendo executa-las via internet.

Arquivo Editar Exibir Ir Favoritos Ferramentas Ajuda

http://galileu.iph.ufrgs.br/iph107simula/

Mecânica dos Fluidos II - IPH 01107

Material de Apoio às aulas práticas de Laboratório - Simulações

Na respectiva coluna da prática escolhida, poderá fazer download dos componentes desejados para estudo.

Contato com a Gerência de Rede IPH

UFRGS CINTED

Aluno ESPIE/CINTED: Oscar Patrón Guillermo

Disciplina do Prof. Luiz A. M. Endres

<u>Aferição de Venturi</u>	<u>Velocidades em Canais</u>	<u>Esvaziamento de Reservatório</u>	
✓ <u>Simulação</u>	✓ <u>Simulação</u>	✓ <u>Simulação</u>	Nas simulações deverão descompactar o arquivo zipado num mesmo diretório, e rodar o arquivo executável.
✓ <u>Apostila</u>	✓ <u>Apostila</u>	✓ <u>Apostila</u>	
✓ <u>Videos independentes</u> Video 1 Video 2 Video 3	✓ <u>Videos independentes</u> Video 1 Video 2 Video 3	✓ <u>Videos independentes</u> Video 1 Video 2 Video 3	

Figura 8. Página web com as simulações e vídeos para download

4 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados são analisados em termos percentuais, porém são apresentados também em relação ao número de alunos que responderam às opções fornecidas. A turma que assistiu primeiramente a prática laboratorial e após as simulações (Hidra-inf), estava composta de 12 alunos, sendo que a turma que realizou primeiramente as simulações e após a prática laboratorial (Inf-Hidra), era composta de 17 alunos.

Foi calculado o percentual de respostas dadas a cada opção, em relação ao número de alunos de cada turma, e após, apresentado em termos médios das 2 turmas, sendo que algumas das perguntas, poderá ser analisada separadamente para cada uma das turmas, pois o fato de ter visto antes ou depois as simulações, pode ser significativo, dependendo da pergunta.

A abrangência do conteúdo da simulação em relação à prática no laboratório foi:									
Hidra-Inf >	Não suficiente		a quantidade certa		Demasiado				
	%	0		10		2	12		
				83		17	100		
Inf-Hidra >	Não suficiente		a quantidade certa		Demasiado				
	%	0		12		5	17		
				71		29	100		
	Média	0		77		23	100		

Comparado à "Prática Tradicional" ?									
Hidra-Inf >	Uma abrangência menor foi coberta		A mesma abrangência de material foi coberta			Uma abrangência maior de material foi coberta			
	%	0		11		1	12		
				92		8	100		
Inf-Hidra >	Uma abrangência menor foi coberta		A mesma abrangência de material foi coberta			Uma abrangência maior de material foi coberta			
	%	0		10		7	17		
				59		41	100		
	Média	0		75		25	100		

Em média nas 2 turmas, 77% dos alunos disseram que a abrangência do conteúdo das simulações em relação à prática foi a quantia certa, e 23% que foi demasiado, sendo que comparado à prática tradicional 75% acham que a mesma abrangência do material foi coberta, e 25% disseram que uma abrangência maior do material foi coberta. Verifica-se também, que a turma que viu as simulações primeiro (Inf-Hidra), achou significativamente (41%) que a abrangência do material foi maior nas simulações, portanto tendo uma percepção de que o material visto nas simulações, era mais completo e abrangia melhor o conteúdo

da prática laboratorial, sendo que a turma Hidra-Inf afirmou que a mesma abrangência do material foi coberta, com 92% dos alunos.

Quão importante para você é ser exposto a uma ferramenta de apoio multimídia como um simulador, na área de hidráulica?								
Hidra-Inf >	Não importante			Razoavelmente importante	3	Muito importante	9	12
	%	0			25		75	100
Inf-Hidra >	Não importante			Razoavelmente importante	5	Muito importante	12	17
	%	0			29		71	100
	Média	0			27		73	100

Em média nas 2 turmas, 27% dos alunos disseram que o simulador foi razoavelmente importante, como ferramenta de apoio, e 73% afirmaram que é muito importante o uso deste tipo de simulador, tendo sido pouco significativa a diferença entre as turmas

A profundidade do conteúdo abrangido neste simulador foi:								
Hidra-Inf >	Não suficiente			A quantia certa	11	Demasiado	1	12
	%	0			92		8	100
Inf-Hidra >	Não suficiente			A quantia certa	15	Demasiado	2	17
	%	0			88		12	100
	Média	0			90		10	100

Comparado à "Prática Tradicional" ?								
Hidra-Inf >	Material foi coberto em muito			Material foi coberto com a	11	Material foi coberto em muito	1	12
	%	0			92		8	100
Inf-Hidra >	Material foi coberto em muito			Material foi coberto com a	12	Material foi coberto em muito	4	17
	menor profundidade	1		mesma profundidade		maior profundidade		
	%	6			71		24	100
	Média	3			81		16	100

Em média nas 2 turmas, 90% dos alunos disseram que o conteúdo abrangido no simulador foi a quantia certa, e 10% disseram ter sido demasiado, porém comparado à prática tradicional, 3% disseram que o material foi coberto em menor profundidade, 81% que foi coberto com a mesma profundidade e 16% dos alunos afirmaram que o material foi coberto em muito maior profundidade.

A quantidade de material de apoio à prática laboratorial, anteriormente era:								
Hidra-Inf >	Insuficiente			A quantia certa	10	Demasiada		12
	%	17			83		0	100
Inf-Hidra >	Insuficiente			A quantia certa	12	Demasiada	2	17
	%	18			71		12	100
	Média	17			77		6	100

E agora, após conhecer o simulador ?						
Hidra-Inf >	Muito menos material foi coberto		A mesma quantia de material foi coberto		Muito mais material foi coberto	
		%				
Inf-Hidra >	Muito menos material foi coberto		A mesma quantia de material foi coberto		Muito mais material foi coberto	
		%				
		Média				

Em média nas 2 turmas, 17% dos alunos disseram ter achado o material de apoio à prática laboratorial, que anteriormente era dado, como insuficiente, 71% a quantidade certa e somente 6% acharam o material demasiado. Após a introdução do simulador como material de apoio, 63% dos alunos afirmaram que a mesma quantidade de material foi coberto, e 37% afirmaram que muito mais material foi coberto.

Quão importante para você é utilizar recursos multimídia como o simulador ?						
Hidra-Inf >	Não importante		Razoavelmente importante		Muito importante	
		%				
Inf-Hidra >	Não importante		Razoavelmente importante		Muito importante	
		%				
		Média				

Em média nas 2 turmas, 25% dos alunos disseram que utilizar recurso multimídia como o simulador, é razoavelmente importante, porém 75% dos alunos acharam muito importante.

A utilização deste tipo de recursos possibilitou a oportunidade para discussão da prática em algum grau?						
Hidra-Inf >	Insuficiente		A quantia certa		Demasiado	
		%				
Inf-Hidra >	Insuficiente		A quantia certa		Demasiado	
		%				
		Média				

Comparado à "prática tradicional", que tipo de oportunidade para discussão houve:						
Hidra-Inf >	Muito menos		Praticamente a mesma		Muito mais	
		%				
Inf-Hidra >	Muito menos		Praticamente a mesma		Muito mais	
		%				
		Média				

Quão importante a discussão é na sua aprendizagem?						
Hidra-Inf >	Não importante		Razoavelmente importante		Muito Importante	
		%				
Inf-Hidra >	Não importante		Razoavelmente importante		Muito Importante	
		%				
		Média				

Em média nas 2 turmas, 87% dos alunos disseram que este tipo de recurso possibilitou a discussão na quantia certa, e 13% consideraram como demasiada a

discussão propiciada com o simulador. Quando questionados em relação à prática tradicional, 75% disseram que praticamente a mesma oportunidade de discussão houve com o novo recurso, e 25% afirmaram que muito mais, porém, salientando que 75% dos alunos disseram considerar muito importante a discussão no seu processo de aprendizagem.

Verifica-se também que a turma Inf-Hidra, apresentou índices mais elevados de aprovação, no que diz respeito à simulação ter propiciado uma maior discussão, inclusive dizendo que a discussão propiciada é muito importante na aprendizagem, 82% contra 67% da turma Hidra-Inf.

Quão importante é o uso de tecnologias diversas, como apoio ao seu processo de aprendizagem?							
Hidra-Inf >	Não importante		Razoavelmente importante	1	Muito importante	11	12
	%	0		8		92	100
Inf-Hidra >	Não importante		Razoavelmente importante	2	Muito importante	15	17
	%	0		12		88	100
	Média	0		10		90	100

Em média nas 2 turmas, 90% dos alunos disseram ser muito importante o uso de tecnologias diversas, como apoio ao processo de aprendizagem, e 10% afirmaram ter sido razoavelmente importante.

Em que medida você poderá usar o material apresentado, no futuro?							
Hidra-Inf >	Não muito bem		Razoavelmente	6	Muito bem	6	12
	%	0		50		50	100
Inf-Hidra >	Não muito bem		Razoavelmente	8	Muito bem	9	17
	%	0		47		53	100
	Média	0		49		51	100

Comparado a uma " prática tradicional ", quão bem você poderá usar o material de apoio deste curso no futuro?							
Hidra-Inf >	Muito menos		Praticamente o mesmo	5	Muito mais	7	12
	%	0		42		58	100
Inf-Hidra >	Muito menos		Praticamente o mesmo	7	Muito mais	10	17
	%	0		41		59	100
	Média	0		41		59	100

Quão importante é para você poder usar o material deste curso no futuro?							
Hidra-Inf >	Não importante		Razoavelmente importante	7	Muito importante	5	12
	%	0		58		42	100
Inf-Hidra >	Não importante		Razoavelmente importante	7	Muito importante	10	17
	%	0		41		59	100
	Média	0		50		50	100

Em média nas 2 turmas, 51% dos alunos disseram poder usar muito bem este material apresentado no futuro, e 49% o usariam razoavelmente; comparando à prática tradicional, 59% dos alunos manifestaram que poderão usar muito mais este tipo de material, e 41% deles manifestaram que usarão este material praticamente o mesmo que o material fornecido anteriormente, sendo que em média 50% dos alunos acharam ser muito importante usar este tipo de material no futuro, e os outros 50% dos alunos achou razoavelmente importante usar o material no futuro.

Quanto você aprendeu utilizando este tipo de recursos de ensino?							
Hidra-Inf >	Não muito		Razoavelmente	7	Muito	5	12
	%	0		58		42	100
Inf-Hidra >	Não muito		Razoavelmente	7	Muito	10	17
	%	0		41		59	100
	Média	0		50		50	100

Comparado a uma "prática tradicional", quanto você aprendeu?							
Hidra-Inf >	Muito menos		Praticamente o mesmo	5	Muito mais	7	12
	%	0		42		58	100
Inf-Hidra >	Muito menos		Praticamente o mesmo	8	Muito mais	9	17
	%	0		47		53	100
	Média	0		44		56	100

Em média nas 2 turmas, 50% dos alunos disseram terem aprendido muito com as simulações, enquanto que 50% informaram que aprenderam praticamente o mesmo, sendo que quando questionados em relação à prática tradicional, 56% disseram ter aprendido muito mais com as simulações, e 44% informaram que aprenderam praticamente o mesmo.

Quão importante está sendo aprender novos conteúdos para você, utilizando este tipo de recursos multimídia?							
Hidra-Inf >	Não importante		Razoavelmente importante	7	Muito importante	5	12
	%	0		58		42	100
Inf-Hidra >	Não importante		Razoavelmente importante	6	Muito importante	11	17
	%	0		35		65	100
	Média	0		47		53	100

Em média nas 2 turmas, 47% dos alunos disseram ser razoavelmente importante, utilizar este tipo de recursos, tais como as simulações no ensino, enquanto que 53% informaram que é muito mais importante aprender novos conteúdos, utilizando este tipo de recursos multimídia. Considerando individualmente as 2 turmas, constata-se que a turma Inf-Hidra, achou muito importante (65% dos alunos) aprender novos conteúdos com este tipo de material, enquanto que a turma Hidra-Inf achou muito importante em 42% dos alunos.

Quanto você gostou deste recurso de simulação, introduzido nas aulas laboratoriais?							
Hidra-Inf >	Não muito		Razoavelmente	1	Muito	11	12
	%	0		8		92	100
Inf-Hidra >	Não muito		Razoavelmente	2	Muito	15	17
	%	0		12		88	100
	Média	0		10		90	100

Quão importante para você é ter gostado do novo recurso?							
Hidra-Inf >	Não importante		Razoavelmente importante	4	Muito importante	8	12
	%	0		33		67	100
Inf-Hidra >	Não importante		Razoavelmente importante	2	Muito importante	15	17
	%	0		12		88	100
	Média	0		23		77	100

Quão valioso foi este recurso para você?							
Hidra-Inf >	Não muito		Razoavelmente	5	Muito	7	12
	%	0		42		58	100
Inf-Hidra >	Não muito		Razoavelmente	6	Muito	11	17
	%	0		35		65	100
	Média	0		38		62	100

Em média nas 2 turmas, 90% dos alunos disseram ter gostado muito das simulações, e somente 10%, afirmaram ter gostado razoavelmente , sendo que em média 77% disseram ser muito importante ter gostado deste novo recurso. Quando questionados quanto à valia deste recurso, 62% afirmaram ser muito valioso e 38% acharam razoavelmente valioso .

Comparado a uma " disciplina tradicional ", quanto você valorizaria uma disciplina que explora novas tecnologias e recursos de simulação no aprendizado ?							
Hidra-Inf >	Muito menos		Praticamente o mesmo	1	Muito mais	11	12
	%	0		8		92	100
Inf-Hidra >	Muito menos		Praticamente o mesmo		Muito mais	17	17
	%	0		0		100	100
	Média	0		4		96	100

Você recomendaria fazer esta disciplina em uma turma que utiliza este tipo de recurso ou em uma que não o utiliza?							
Hidra-Inf >	Não		Talvez	1	Certamente	11	12
	%	0		8		92	100
Inf-Hidra >	Não		Talvez	2	Certamente	15	17
	%	0		12		88	100
	Média	0		10		90	100

Em média nas 2 turmas, 96% dos alunos disseram valorizar muito mais , uma disciplina que explora novas tecnologias de ensino, e tão somente 4% dos alunos, manifestaram que valorizam praticamente o mesmo , uma disciplina “tradicional” do que uma que usa novos recursos multimídia para a aprendizagem, destacando que 100% da turma que realizou primeiramente as simulações, valorizou muito mais uma disciplina mais “ progressista ”.

Ao mesmo tempo, 90% da turma em média, manifestou que certamente recomendaria fazer uma disciplina, que utilizasse recursos como as simulações.

Você preferia ter visto primeiro a simulação antes da prática, ou a prática antes da simulação?					
		Simulação/Prática ()		Prática/Simulação ()	
Hidra-Inf >		6	6	12	
	%	50	50	100	
Inf-Hidra >		9	8	17	
	%	53	47	100	
	Média	51	49	100	

Quando questionados os alunos, quanto à ordem de utilização destes recursos, antes ou depois das práticas laboratoriais, em média 51% dos alunos

manifestaram preferir fazer antes a simulação e depois a prática, e 49% disseram que preferiam ver as simulações depois das práticas.

		Você acha que devem aperfeiçoar-se materiais instrucionais deste tipo, para complementar a aula tradicional, no ensino de hidráulica ?		
		<i>Sim ()</i>	<i>Não ()</i>	
Hidra-Inf >		11	1	12
	%	92	8	100
Inf-Hidra >		17		17
	%	100	0	100
	Média	96	4	100

Quando questionados os alunos, quanto a se deviam aperfeiçoar-se materiais instrucionais deste tipo, para complementar a aula de hidráulica, em média 96% dos alunos disseram que precisa-se elaborar mais materiais deste tipo, sendo que 4% (representando um único aluno) disse que não vê necessidade de elaborar matérias de apoio multimídia.

		Você acha que devem aperfeiçoar-se materiais instrucionais deste tipo, para complementar a aula tradicional, no ensino em outras áreas da Engenharia também ?		
		<i>Sim ()</i>	<i>Não ()</i>	
Hidra-Inf >		11	1	12
	%	92	8	100
Inf-Hidra >		17		17
	%	100	0	100
	Média	96	4	100

Quando questionados os alunos, quanto a se deviam aperfeiçoar-se materiais instrucionais deste tipo, no ensino em outras áreas da Engenharia, em média 96% dos alunos disseram que precisa-se elaborar mais materiais deste tipo, sendo que 4% (representando um único aluno) disse que não vê necessidade de elaborar matérias de apoio multimídia, em outras áreas da Engenharia.

		Você recomendaria que outros alunos/turmas tenham o mesmo tipo de experiência com simuladores de algum tipo, para representar e testar situações reais, como práticas de laboratório?		
		<i>Sim ()</i>	<i>Não ()</i>	
Hidra-Inf >		12		12
	%	100	0	100
Inf-Hidra >		17		17
	%	100	0	100
	Média	100	0	100

Considerando agora, quando os alunos foram questionados sobre se recomendariam, que outros alunos tivessem o mesmo tipo de experiência com simuladores, semelhante ao ocorrido nas práticas de hidráulica, 100% dos alunos manifestaram que sim, recomendariam esta experiência.

Você sentiu-se mais capacitado a executar a prática laboratorial após a utilização do simulador ?				
		Sim ()	Não ()	
Hidra-Inf >		4	3	7
	%	33	25	58
Inf-Hidra >		13	4	17
	%	76	24	100
	Média	55	24	79

Os alunos foram questionados, sobre se sentiam-se mais capacitados a executar a prática laboratorial, após a utilização do simulador, sendo que somente a turma Inf-Hidra poderia responder, já que somente esta turma efetuou anteriormente a prática com o simulador, porém 58% dos alunos da turma Hidra-Inf responderam também esta pergunta.

Avaliando os alunos que fizeram primeiramente a prática no laboratório de informática, 76% deles manifestaram que sentiram-se mais capacitados a executar a prática no laboratório de hidráulica após as simulações, somente 24% dos alunos disseram que não sentiram-se mais capacitados, efetuando antes as simulações.

Você vê este tipo de material instrucional como: a) complemento da prática de laboratório ou b) como possível substituto do laboratório, desde que represente bem a prática.				
		a ()	b ()	
Hidra-Inf >		11	1	12
	%	92	8	100
Inf-Hidra >		16	1	17
	%	94	6	100
	Média	93	7	100

Por fim, quando os alunos foram questionados sobre a visão deles, a respeito da utilidade do novo material instrucional, em média 93% dos alunos, manifestaram que as simulações servem como complemento das práticas de laboratório, e 7% em média disseram que as simulações podem ser possíveis substitutos das práticas.

4.1 Parecer do Professor da Disciplina

A proposta foi de proporcionar aos alunos da disciplina Mecânica dos Fluidos II - IPH 01107 (DHH / UFRGS), semestre 2004/02, além da realização normal dos experimentos práticos previstos em laboratório de hidráulica, o uso de simulações computacionais destes experimentos.

O desenvolvimento de trabalhos de laboratório de hidráulica, na maneira como é normalmente efetuado e que já fornece bons resultados, exige dos alunos, além da absorção de conhecimentos em sala de aula, que leiam previamente um texto especialmente preparado para reforçar os conteúdos e orientar a prática a ser executada no laboratório.

A experiência deste professor demonstra que, salvo exceções, este preparo não vem ocorrendo conforme o desejado o que, embora não impeça a realização satisfatória dos experimentos, impede que se atinja um máximo de aproveitamento por parte dos alunos.

A realização prévia de simulações com auxílio da informática desses experimentos, em muito semelhantes às que serão posteriormente desenvolvidas na realidade do laboratório, permite unir os conteúdos vistos em aula, a leitura do texto (que acompanha o próprio experimento) e o interesse peculiar dos estudantes pelo uso do computador como ferramenta de trabalho.

A preparação e uso das simulações seguiram, sem dúvida, o caminho correto envolvendo, na exata medida, os diversos personagens do meio acadêmico - universitário quais sejam:

- alunos bolsistas de iniciação científica que desenvolveram parte dos meios, sob a orientação do candidato a especialista em informática para educação;
- o candidato a especialista que, em reuniões de trabalho com o professor da disciplina, foi informado sobre o conteúdo e formato a ser transmitido aos alunos da disciplina que fariam os experimentos;
- os alunos da disciplina que, após a apresentação clássica em sala de aula dos conteúdos pelo professor, têm nas simulações uma prática antecipada em que, exceto pelo meio de observação, todos os processos principais podem

ser apresentados e testados com a facilidade e rapidez característica do meio computacional; e

- o candidato a especialista em informática na educação que, na prática, aplica os conhecimentos adquiridos em sua pós-graduação sob a supervisão de seu orientador.

Desta maneira, o processo de geração do conhecimento, planejamento de sua apresentação e transferência entre os diferentes níveis ocorre e, nesta experiência, de forma muito bem sucedida.

Embora os resultados ainda não tenham sido avaliados em profundidade ou, ainda, não tenha sido possível comparar diferentes oportunidades de uso deste método de apoio, por ser a primeira experiência deste professor, apenas pela motivação observada e interesse dos alunos em conhecer, mais a fundo, como ocorrem os experimentos práticos, já demonstra o acerto do emprego desse método de apoio ao ensino. Os ganhos no processo ensino - aprendizagem são evidentes e a sedimentação dos conhecimentos adquiridos com maior facilidade pelo emprego do apoio através da informática deverão, certamente, ser percebidos a longo prazo em uma formação mais sólida sobre os tópicos abordados.

O desenvolvimento de trabalhos futuros nesta linha será natural desde que seja possível identificar parcerias entre pessoas e conteúdos, como as aqui relatadas, e com tal nível satisfatório de interação. É papel da universidade proporcionar meios e incentivar os interessados, mesmo que sem qualquer aptidão inicial (pois em última análise trata-se de uma novidade no ensino) para que isto ocorra.

Embora as simulações desenvolvidas, no caso desta disciplina, não tenham o objetivo de substituir as práticas no laboratório de hidráulica, é possível supor que, após corrigidos pequenos problemas de forma e conteúdo no primeiro conjunto de resultados obtidos, esta ferramenta possa ser oferecida a outras pessoas e/ou instituições de ensino interessadas, principalmente para aquelas que não disponham do laboratório de hidráulica físico para trabalhar mas que terão, com o uso do meio computacional e as simulações já otimizadas, possibilidade de visualização de fenômenos em muito facilitada. Novamente

vemos aqui o papel da instituição de ensino sendo cumprido com a universalização de conhecimentos.

Os contatos entre o, então, especialista em informática no ensino e este professor deverão permanecer visando, não só o desenvolvimento de novas simulações, para os diferentes níveis de ensino, como também o aprendizado mútuo que se estabeleceu nesta exitosa parceria.

5 CONCLUSÃO

O estudo de caso demonstrou que, as simulações mostraram-se um ótimo complemento das aulas laboratoriais de hidráulica, permitindo testarem os experimentos repetidamente, inclusive nas residências dos alunos, permitindo refletir mais e melhor sobre os fenômenos.

Dentro do ambiente universitário, o espírito de pesquisa se viu fortalecido, numa outra dimensão tecnológica, no que diz respeito ao ensino de hidráulica.

O ambiente dentro da sala de aula informatizada, foi muito propício e aberto para a discussão e o debate, sobre as inovações tecnológicas no ensino, principalmente pela postura dos alunos perante a utilização das simulações.

A turma Inf-Hidra mostrou-se mais receptiva às simulações, porém não podendo afirmar que o melhor seria realizar antes as simulações, do que a prática convencional, porém talvez, as novas experiências e avaliação de questionários com novas turmas, possam indicar este caminho.

A maior parte da turma manifestou que as simulações tiveram uma boa abrangência de conteúdo, a maioria tendo achado que a mesma abrangência de material foi coberta, em relação à prática tradicional; porém, o impacto positivo na turma que realizou antes as simulações (turma Inf-Hidra), foi maior, já que 41% acharam que uma abrangência maior do material foi coberta.

Em relação à quantidade de material de apoio à aula laboratorial, os alunos indicaram que com a introdução das simulações, muito mais material foi coberto.

Em geral nos questionamentos, na hora de atribuir notas maiores, nos quesitos de maior peso dentro da mesma questão, a turma Inf-Hidra, mostrou-se mais receptiva a avaliar melhor as simulações.

Os alunos mostraram-se muito receptivos com o novo material, tendo mantido durante toda a aula o interesse pelas simulações, manifestando (90% da turma) terem gostado muito.

Em relação às “disciplinas tradicionais”, 96% dos alunos afirmaram que valorizam mais uma disciplina que utiliza novos recursos tecnológicos,

recomendando (90% dos alunos) a fazer uma disciplina numa turma que utiliza inovações tecnológicas no ensino.

A totalidade da turma recomenda que outros alunos da Engenharia tenham experiências com simuladores de algum tipo.

Do ponto de vista das ciências, e da boa representação dos fenômenos naturais, a turma teve a visão correta, pois 93% dos alunos vêem as simulações como um complemento da prática laboratorial, e não como substituto da mesma.

Para a elaboração das simulações deverá existir uma equipe multidisciplinar, abrangendo a área técnica do assunto em questão, a área pedagógica educacional e a área técnica da linguagem de desenvolvimento da simulação, num ambiente de interação e colaboração entre os envolvidos.

Deverá ser analisada a receptividade de várias turmas a estas ferramentas, para poder afirmar melhor, o efeito que as simulações tem sobre o processo de ensino-aprendizagem dos alunos da Engenharia.

O próprio fato do uso do computador em sala de aula, foi um grande motivador; associado ao uso da simulação para experimentar uma situação, tornou a sala de aula mais cativante para os alunos, demonstrado pelo interesse, pelos questionamentos e pela manifestação de que valorizam mais (96%), uma disciplina abordada desta maneira.

Por fim deve-se ressaltar que mesmo servindo como um ótimo material de apoio ou complemento da aula prática, para aquelas Instituições que dispõem de recursos laboratoriais, poderá ser também um ótimo recurso para aquelas que não dispõem de laboratórios de hidráulica, para utilizar nas suas aulas práticas, sendo assim, as simulações seriam uma primeira aproximação na avaliação do fenômeno estudado, contribuindo de maneira significativa no ensino.

6 REFERÊNCIAS

BANKS, Jeny, (Ed.) **Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications and practice.** New York: Wiley, 1998. 849p.

BARBETA, V. B. e BECHARA, J. M., "Uso de Simulações em Computador em Aulas de Laboratório de Física", In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA - Manaus, 1996. **Anais.**

BARBETA, V.B. Use of simulations software for physics teaching. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION, 1998, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/vbarbeta/artigos.htm>>. Acesso em: 12 dez. 2004.

BARBETA, Vagner Bernel. Recursos de simulação em computador em aulas de física para engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28., 2000, Ouro Preto. **Anais.** Ouro Preto: ABENGE, 2000. Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/vbarbeta.artigos.htm>>. Acesso em: 22 dez. 2004.

BARROS, Lígia. As redes de computadores e o aperfeiçoamento da qualidade do ensino e da aprendizagem nos cursos de graduação. In: CONGRESSO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA DO MERCOSUL, 1., 1995, Porto Alegre. **Anais.** Porto Alegre: Laboratório de Estudos Cognitivos da UFRGS, 1995. p.73-81.

BEHAR, Patrícia A. **Informática & educação.** 1992. 80p. Trabalho Individual (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

BEHAR, Patrícia A. **Análise operatória de ferramentas computacionais de manipulação de representações:** exame de qualificação. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1996. 101f.

BEHAR, Patrícia A. **Análise operatória de ferramentas computacionais de uso individual e cooperativo.** 1998. 139f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

BEHAR, Patrícia A. **Lógica operatória em ambientes computacionais.** 1999. Palestra ministrada em 05 jul. por ocasião do 2. Workshop Informática na Educação, UFRGS, Porto Alegre.

BERGQVIST, L. **Monte Carlo simulations of ferromagnetic quasi two dimensional spin model systems.** 2000. Thesis (Master of Science) – Uppsala University.

BILLHARDT, Bjorn. The promise of online simulations. Feb. 2004. Disponível em: <<http://www.clomedia.com/content/templates/clofeature.asp?articleid+382&zoid=29>>. Acesso em: 14 out. 2004.

CAMAÑO SCHETTINI, Edith Beatriz. Desafios para o ensino e pesquisa em hidráulica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba. **Anais**. Curitiba: ABRH, 2003. T606.

CARDOSO, Sílvia Helena. Utilizando simulações no ensino médico. **Informática Médica**, v. 1, n. 4, jul./ago, 1998. Disponível em: <http://www.informaticamedica.org.br/informaticamedica/n0104/cardoso.htm>. Acesso em: 14 dez. 2004.

DAVIES, C.H.J. Student engagement with simulations: a case study. **Computers & Education**, New York, v.39, p.271-282, 2002.

DRISCOLL, J. General manufacturing management learning through computer simulation. **Computers & Education**, New York, v.8, n.1, p.137-144, 1984.

EDWARD, N. An evaluation of student perceptions of screen presentations in computer-based laboratory simulations. **European Journal of Engineering Education**, Oxfordshire, v. 22, n. 2, p. 143-151, June, 1997.

EDWARD, Norrie S. Evaluation of computer based laboratory simulation. **Computers & Education**, New York, v.26, n.1/3, p.123-130, 1996.

EHRlich, Pierre Jacques. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. 5º ed. São Paulo: Atlas, 1976. 189 p.

FEEVALE. **Projeto Institucional Pedagógico: PIP**. Novo Hamburgo, 2002.

FIOLHAIS, Carlos.; TRINDADE, Jorge. Physics in the Computer: the computer as a tool in the education and the learning of physical sciences. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 3, Setembro, 2003

FOCKING, Gerson P. Um estudo sobre técnicas de avaliação de software educacional. **Journal of Educational Computing Research**, Farmingdale, v. 12, 1995. Disponível em: <<http://www.epicent.com/journals/header.html>>. Acesso em: 14 dez. 2004.

GELLER, M.; ENRICONE, D. **Informática na educação: um estudo de opiniões de alunos do curso de Pedagogia**. Disponível em: http://phoenix.sce.fct.unl.pt/ribie/cong_1996/congresso.html/20/artigo.html>. Acesso em: 14 nov. 2004.

GIRAFFA, L. M. M. "**O Ensino de Engenharia Informatizado X Formação Docente**", Anais do XXII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGÉ, Porto Alegre, 1991.

GOOD, T.; BROPHY, J. **Educational psychology: a realistic approach**. New York: Longman, 1990.

GOODYEAR, Peter. A knowledge-based approach to supporting the use of simulation programs. **Computers & Education**, New York, v.16, n.1, p.99-103, 1991.

GORRELL, Jeffrey; CUEVAS, Anthony; DOWING, Huxter. Computer simulations of classroom behavior problems. **Computers & Education**, New York, v.12, n.2. p.283-287, 1988.

HMELOA, Cindy; DAYB, Roger. Contextualized questioning to scaffold learning from simulations. **Computers & Education**, New York, v.32, p.151-164, 1999.

IFIP WORKING CONFERENCE ON COMPUTER SIMULATION OF WATER RESOURCES SYSTEMS, 1974, Ghent. **Proceedings**. Amsterdam: North-Holland, 1975. 686p.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **Draft standard for learning object metadata**. 2002. (IEEE P1484.12.1/D6.4). Disponível em: http://telr-research.osu.edu/learning_objects/documents/Lightle.pdf. Acesso em: 21 dez. 2004.

JONASSON, D. Thinking technology: toward a constructivist design model. 1991. Disponível em: <<http://ouray.cudenver.edu/%20~%sisanfor/cnstdm.txt>>. Acessado em 13 set. 2004.

KENNEPOHL, Dietmar. Using computer simulationsto supplement teaching laboratories in chemistry for distance delivery. **Journal of Distance Education**, v. 16.2, 2001. Disponível em: <<http://cade.athabascau.ca/vol16.2/kennepohl.html>>. Acesso em: 14 dez. 2004.

KIMBROUGH, D. Can we go the distance in chemistry? Reflections on distance learning laboratories. **Strategies for Success**, v.33, n.3/4, 2000.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. 13. ed. São Paulo: Ed. 34, 2004. Disponível em: <[http://www.conteudoescola.com.br/site/index.php?option=com_content & task=view&id=123&Itemid=27](http://www.conteudoescola.com.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=123&Itemid=27)>. Acesso em: 23 nov. 2004.

MCATEER, Erica; NEIL, Douglas; DRAPER, Steve; HENDERSON, Fiona. Simulation software in a life sciences practical laboratory. **Computers & Education**, New York, v.26, n.1/3, p.101-112, 1996.

MACHADO, Altamiro B. Os desafios da imagem e das comunicações no ensino dos anos 90. In: ENCONTRO , 6., 1992, Coimbra. **A informática e o ensino: os desafios da imagem e da comunicação**. Coimbra: Escola Superior de Educação.

MACHADO, Francis B.; MAIA, Luiz P. Um *framework* construtivista no aprendizado de Sistemas Operacionais – uma proposta pedagógica com o uso do simulador Sosim. Rio de Janeiro – RJ – Brazil. Disponível em: <http://www.training.com.br/sosim/sbcwei04.pdf> . Acessado em 23 dez. 2004.

MAGIN, D.J.; REIZE, J.A. Computer simulation of laboratory experiments: an unrealized potential. **Computers & Education**, New York, v.14, n.3, p.263-270, 1990.

MARTINEZ, Max Quiroz. La world wide web como poderosa herramienta didáctica em la educación a distancia. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 3., Barranquilla. **Actas**. Barranquilla, 1996. Disponível em: http://www.phoenix.sce.fct.unl.pt/ribie/cong_1996/congresso.html/120/ponecol.htm>. Acesso em: 14 dez. 2004.

MATEUS, Caroline Melissa Kleinhappel; PALHARES, Juliana Barbosa; LUVIZOTTO JÚNIOR, Edevar. Laboratório virtual de mecânica do fluidos. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA, 21., São Paulo. São Paulo: UNICAMP.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C.F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n. 2, p.77-86, jun. 2002.

MERGEL, Brenda. Instructional design & learning theory. 1998. Disponível em: <<http://www.usask.ca/education/coursework/802papers/mergel/brenda.htm>>. Acesso em: 12 nov. 2004.

MIRO-JULIA, Jose. **Dangers of the paradigm shift**. Draft Article. Palma de Mallorca: Universitat de les Illes Balears, [1999?]. Disponível em: <<http://dmi.uib.es/people/joe/opinion/ParShfDgr.html>>. Acesso em: 21 out. 2004.

MUCCHIELLI, Alex. **O Ensino por Computador**. Editorial Notícias, Lisboa (1988).

NEVES, Cláudio Freitas; MARTINS FILHO, Protásio Dutra. 2002. Ensino ou aprendizagem de Engenharia ? Desenvolvimento de posturas e valores com as novas tecnologias ed Informática. In: PINTO, Danilo Pereira; NASCIMENTO, Jorge Luiz do (Org). 2002. **Educação em Engenharia**: metodologia. São Paulo: Mackenzie. 295 p.

OLIVEIRA, Vanderli Fava de. 2002. Teoria, prática e contexto no curso de Engenharia. In: PINTO, Danilo Pereira; NASCIMENTO, Jorge Luiz do (Org). 2002. **Educação em Engenharia**: metodologia. São Paulo: Mackenzie. 295 p.

ONG, S. K.; MANNAN, M.A. Virtual reality simulations and animations in a web-based interactive manufacturing engineering module. **Computers & Education**, New York, v.43, p.361-382, 2004.

OTONI, Luis. **Educação Tecnológica - O uso de Simuladores e as Estruturas Cognitivas**. PGIE/UFRGS e CEFET-RS. Disponível em:

<http://cmi.cefetrs.tche.br/~ribeiro/teste.htm> - Acessado em 29/12/2004

PAPERT, Seymour A. **Mindstorms: children, computers, and powerful ideas**. New York: BasicBooks, 1980.

PARUSH, A.; HAMM, H.; SHTUB, A. Learning histories in simulation-based teaching: the effects on self-learning and transfer. **Computers & Education**, New York, v.39, p.319-332, 2002.

PEREIRA FILHO, Osvaldo. 2002. Informação, conhecimento e sabedoria no ensino de Engenharia. In: PINTO, Danilo Pereira; NASCIMENTO, Jorge Luiz do (Org). 2002. **Educação em Engenharia: metodologia**. São Paulo: Mackenzie. 295 p.

PILKINGTON, Rachel; PARKER-JONES, Christine. Interacting with computer-based simulation: the role of dialogue. **Computers & Education**, New York, v.27, n.1, p.1-14, 1996.

PINTO, Danilo Pereira; NASCIMENTO, Jorge Luiz do (Org.). **Educação em engenharia**. São Paulo: Mackenzie, 2002. 295p.

RILEY, D. Learning about systems by making models. **Computers & Education**, New York, v.15, p.255, 1990.

ROCKLAND, R.H. Utilizing simulation software in a transform analysis source. In: FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 29., 1999. **Annual meeting**. San Juan, 1999. Disponível em: <<http://intl.ieeexplore.ieee.org/xpl/abs>>. Acesso em: 14 nov. 2004.

RUSSEL, G. Computer mediated school education and the web. **First Monday**, Copenhagen, v. 6, n. 11, Nov. 2001.

SCHUMAN, L. **Perspectives on instruction**. 1996. Disponível em: <<http://edweb.sdsu.edu/courses/edtec540/Perspectives/Perspectives.html>>. Acesso em: 28 out. 2004.

SNIR, J. et al. 1988. **The truth, but not the whole truth: an essay on building a conceptually enhanced computer simulation for science teaching**. Draft article. Cambridge: MIT, 1988. (Technical Report 88-18).

SMITH, P. R.; POLLARD, D. The role of computer simulations in engineering education. **Computers & Education**, New York, v.10, n.3, p.335-340, 1986.

SOUZA, José Geraldo de. **Renovação pedagógica no ensino de engenharia**. 2002. Disponível em: <http://www.asee.org/international/INTERTECH2002/533.pdf> Acesso em: 10 set. 2004.

TEIXEIRA, I. S; TEIXEIRA, R. G. **A estrutura construtivista e a importância da percepção cognitiva para os estudantes da área tecnológica.** São Paulo: XXVI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, p3031-3045, 1998.

THOMAS, Ruth; NEILSON, Irene. Harnessing simulations in the service of education: the interact simulation environment. **Computers & Education**, New York, v.25, n.1/2, p.21-29, 1995.

TOVAL, Ambrosio; FLORES, Mariano. Computer systems simulation in education: description of an experience. **Computers & Education**, New York, v.2, n.4, p.293-303, 1987.

VALENTE, José A.; ALMEIDA, Fernando J. **Visão analítica da informática na educação no Brasil: a questão da formação de professores.** Revista Brasileira de informática, Florianópolis, n.1, p.45-60, set. 1997.

VALENTE, J. A. **Computadores e conhecimento: repensando a educação.** Campinas: Gráfica da Unicamp 2ª edição, 1998.

VAN JOOLINCEN, Wouter R.; JONG, Ton de. Modelling domain knowledge for intelligent simulation learning environments. **Computers & Education**, New York, v.18, n.1/3, p.29-37, 1992.

VANCE, Shem; BOSWORTH, April. **Replicating reality: the power of simulations.** Salt Lake City, c2003. Disponível em: <<http://www.allencomm.com/webminars/moreinfo.aspx?CourseID=8>>. Acesso em: 12 nov. 2004.

VASCONCELOS, Maria Lucia Marcondes Carvalho; STUMP, Sandra. 2002. Prefácio. In: PINTO, Danilo Pereira; NASCIMENTO, Jorge Luiz do (Org). 2002. **Educação em Engenharia: metodologia.** São Paulo: Mackenzie. 295 p.

VERBIC, S. Different conceptions of the same physical phenomenon for real and numerical experiment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE GIREP-ICPE-ICTP, 1996, Ljubljana. **New ways of teaching physics.** Ljubljana.

WEGERIF, Rupert. The role of educational software as a support for teaching and learning conversations. **Computers & Education**, New York, v.43, p.179-191, 2004.

YEH, Yu-Chu. Nurturing reflective teaching during critical-thinking instruction in a computer simulation program. **Computers & Education**, New York, v.42, p.181-194, 2004.

7 ANEXOS

ANEXO A

Questionário de avaliação do material instrucional

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

IPH- Instituto de Pesquisas Hidráulicas

Avaliação de material Instrucional



Prezados estudantes

Você está recebendo um formulário de avaliação do material instrucional, ao qual foi submetido. Na disciplina de **Mecânica dos Fluidos II / IPH 01107** foi introduzido um novo recurso para as aulas práticas de laboratório: medição de velocidades em canal; esvaziamento de reservatório e aferição de medidor Venturi, que é um simulador das respectivas práticas, posteriormente realizadas no próprio laboratório de hidráulica. Nós estamos interessados em avaliar de vários modos o grau em que este recurso satisfizes suas necessidades e até que ponto este formato de software simulador afetou ou satisfizes suas necessidades de aprendizagem, além disso se teve impacto positivo para uma melhor compreensão dos fenômenos vistos no laboratório.

Todas estas perguntas são importantes para avaliar o tipo de material a ser introduzido nesta disciplina, especialmente considerando as diferenças de abordagem entre os alunos que terão acesso às simulações antes da prática e os que terão acesso após as práticas, pois neste primeiro momento estamos numa fase de testes desta nova proposta didática pedagógica.

Agradecemos antecipadamente o esforço e a atenção que dedicarem a esta pesquisa.

Prof. Luiz Augusto Magalhães Endres
Oscar Eduardo Patrón Guillermo – Gerente de Rede IPH

Seção 1: Abrangência do conteúdo.

1. A abrangência do conteúdo da simulação em relação à prática no laboratório foi:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Não suficiente				a quantidade certa				Demasiado		

Comparado à "prática tradicional":

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Uma abrangência menor foi coberta				A mesma abrangência de material foi coberta				Uma abrangência maior de material foi coberta		

Quão importante para você é ser exposto a uma ferramenta de apoio multimídia como um simulador, na área de hidráulica?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não importante				Razoavelmente importante				Muito importante			

Comentários:

2. A profundidade do conteúdo abrangido neste simulador foi:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não suficiente				A quantia certa				Demasiado			

Comparado à "prática tradicional":

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Material foi coberto em muito menor profundidade				Material foi coberto com a mesma profundidade				Material foi coberto em muito maior profundidade			

Comentários:

3. A quantidade de material de apoio à prática laboratorial, anteriormente era:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Insuficiente				A quantia certa				Demasiada			

E agora, após conhecer o simulador ?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Muito menos material foi coberto				A mesma quantia de material foi coberto				Muito mais material foi coberto			

Quão importante para você é utilizar recursos multimídia como o simulador ?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não importante				Razoavelmente importante				Muito importante			

Comentários:

Seção B: Estratégias de ensino aprendizagem

4. A utilização deste tipo de recursos possibilitou a oportunidade para discussão da prática em algum grau?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Insuficiente				A quantia certa				Demasiado			

Comparado à "prática tradicional", que tipo de oportunidade para discussão houve:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Muito menos				Praticamente a mesma				Muito mais			

Quão importante a discussão é na sua aprendizagem?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não importante				Razoavelmente importante				Muito Importante			

Comentários:

Quão importante é o uso de tecnologias diversas, como apoio ao seu processo de aprendizagem?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não importante				Razoavelmente importante				Muito importante			

Comentários:

Seção C: Assuntos gerais

5. Quão bem você poderá usar o material apresentado, no futuro?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não muito bem				Razoavelmente				Muito bem			

Comparado a uma "prática tradicional", quão bem você poderá usar o material de apoio deste curso no futuro?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Muito menos				Praticamente o mesmo				Muito mais			

Quão importante é para você poder usar o material deste curso no futuro?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não importante				Razoavelmente importante				Muito importante			

Comentários:

6. Quanto você aprendeu utilizando este tipo de recursos de ensino?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não muito				Razoavelmente				Muito			

Comparado a uma "prática tradicional", quanto você aprendeu?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Muito menos				Praticamente o mesmo				Muito mais			

Quão importante está sendo aprender novos conteúdos para você, utilizando este tipo de recursos multimídia?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não importante				Razoavelmente importante				Muito importante			

Comentários:

7. Quanto você gostou deste recurso de simulação, introduzido nas aulas laboratoriais?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não muito			Razoavelmente				Muito				

Quão importante para você é ter gostado do novo recurso?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não importante			Razoavelmente importante				Muito importante				

Comentários:

8. Quão valioso foi este recurso para você?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não muito			Razoavelmente				Muito				

Comparado a uma " disciplina tradicional ", quanto você valorizaria uma disciplina que explora novas tecnologias e recursos de simulação no aprendizado ?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Muito menos			Praticamente o mesmo				Muito mais				

Você recomendaria fazer esta disciplina **numa turma que utiliza** este tipo de recurso ou uma que não o utiliza?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Não			Talvez				Certamente				

Comentários:

Você preferia ter visto primeiro a simulação antes da prática, ou a prática antes da simulação?

Simulação/Prática () Prática/Simulação ()

Você acha que devem aperfeiçoar-se materiais instrucionais deste tipo, para complementar a aula tradicional, no ensino de hidráulica ?

Sim () Não ()

Em outras áreas da Engenharia também ?

Sim () Não ()

Você recomendaria que outros alunos/turmas tenham o mesmo tipo de experiência com simuladores de algum tipo, para representar e testar situações reais, como práticas de laboratório?

Sim () Não ()

Você sentiu-se mais capacitado a executar a prática laboratorial após a utilização do simulador ?

Sim () **Não** ()

Você vê este tipo de material instrucional como: a) complemento da prática de laboratório ou b) como possível substituto do laboratório, desde que represente bem a prática.

a () **b** ()

ANEXO B

Telas da simulação Experimento de Velocidade em Canal

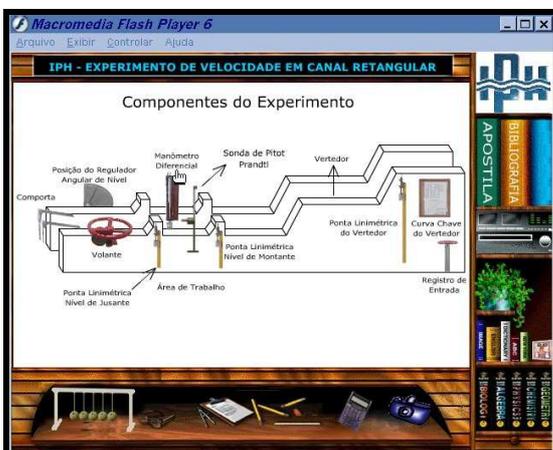


Figura 9. Tela principal do simulador



Figura 10. Componentes do experimento

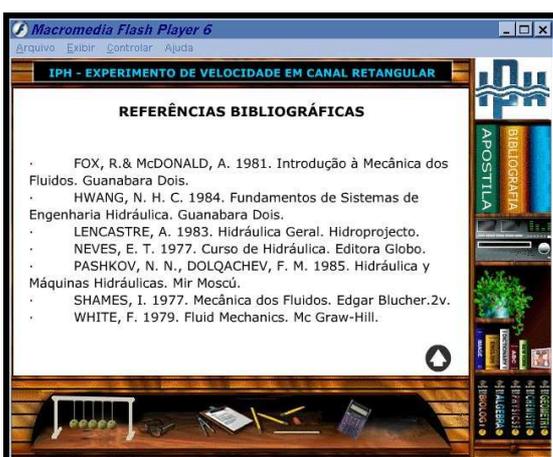


Figura 11. Seção Bibliografia

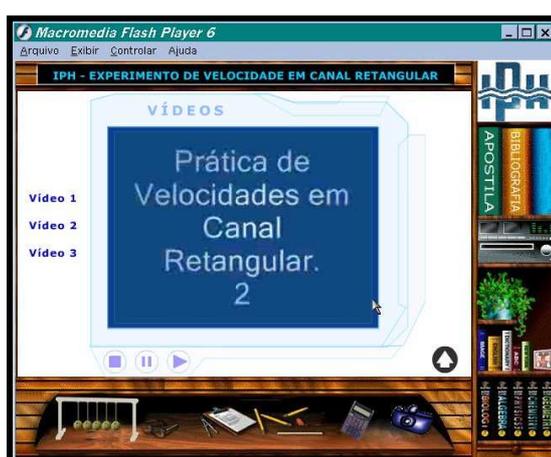


Figura 12. Tela da seção vídeos



Figura 13. Tela da seção vídeos



Figura 14. Tela da seção fotos

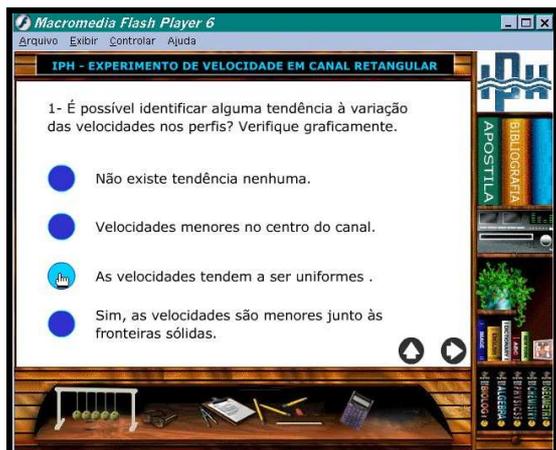


Figura 15. Tela da seção Questões

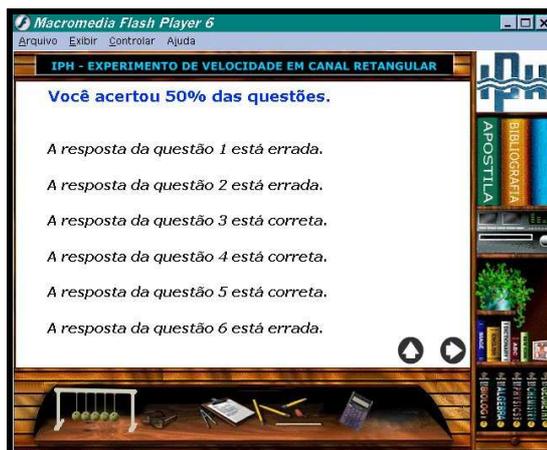


Figura 16. Resultado das questões

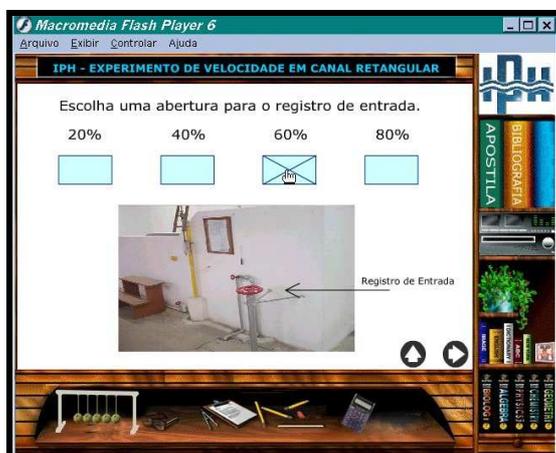


Figura 17. Tela do experimento

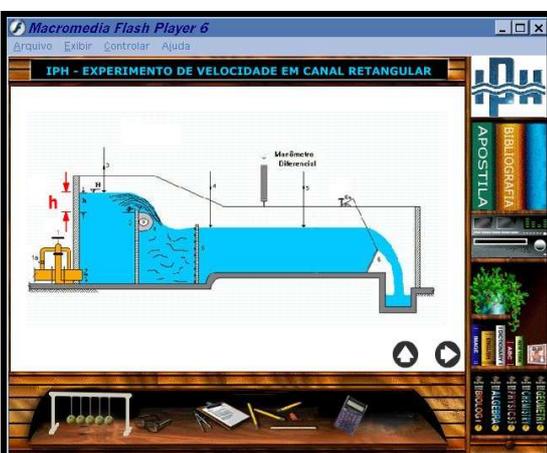


Figura 18. Tela do experimento

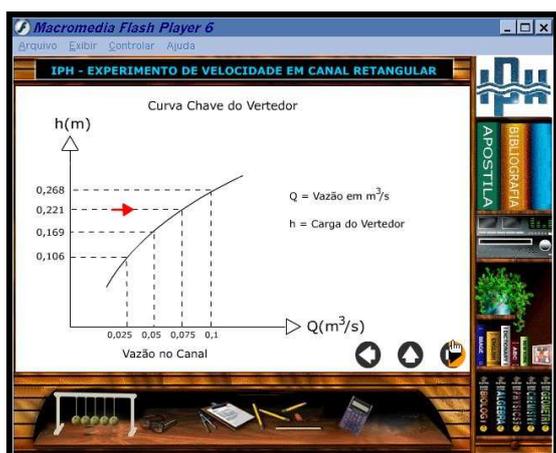


Figura 19. Tela do experimento

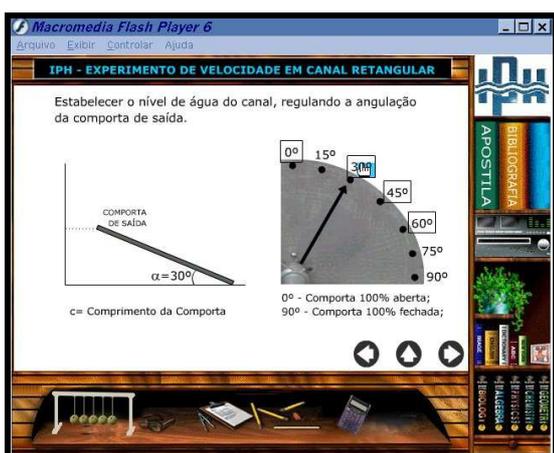


Figura 20. Tela do experimento

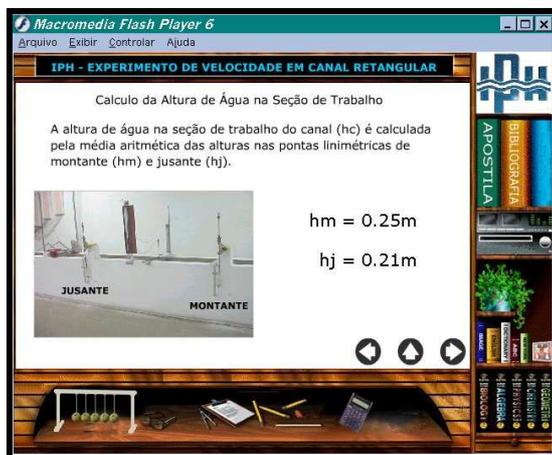


Figura 21. Tela do experimento

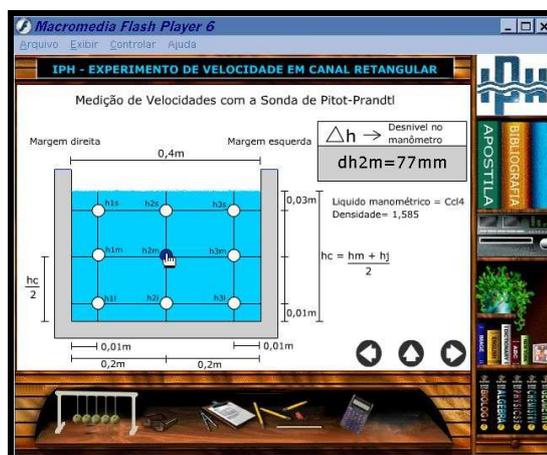


Figura 22. Tela do experimento

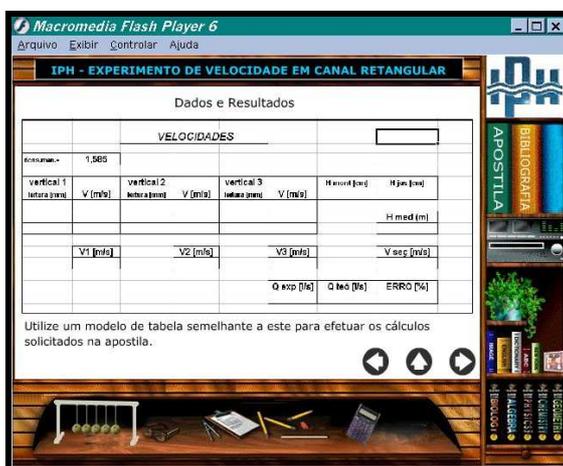


Figura 23. Tela final do experimento



Figura 24. Recomendações Gerais

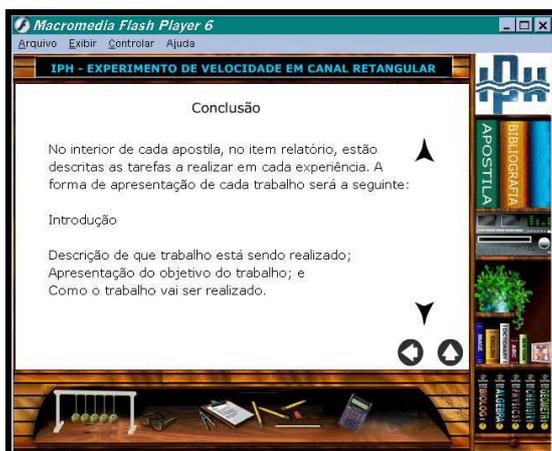


Figura 25. Conclusão do experimento

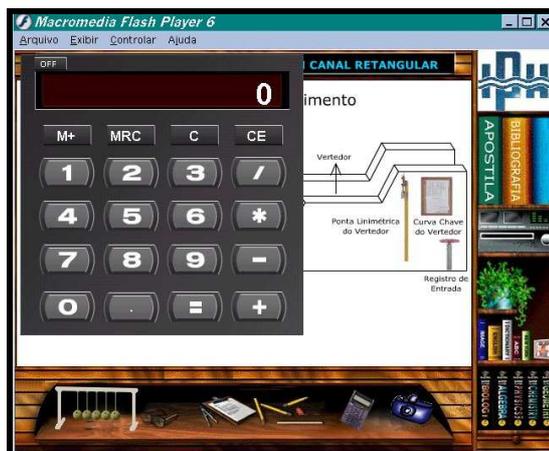


Figura 26. Tela da seção calculadora

ANEXO C

Telas da simulação Aferição do Venturi ou Diafragma



Figura 27. Tela principal do simulador

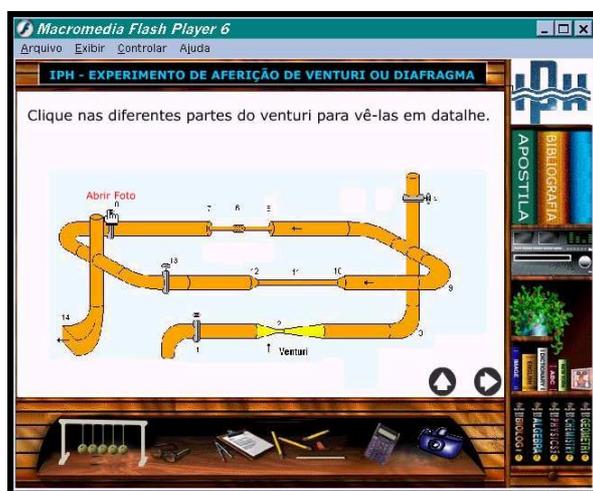


Figura 28. Componentes do experimento



Figura 29. Componentes do experimento



Figura 30. Componentes do experimento

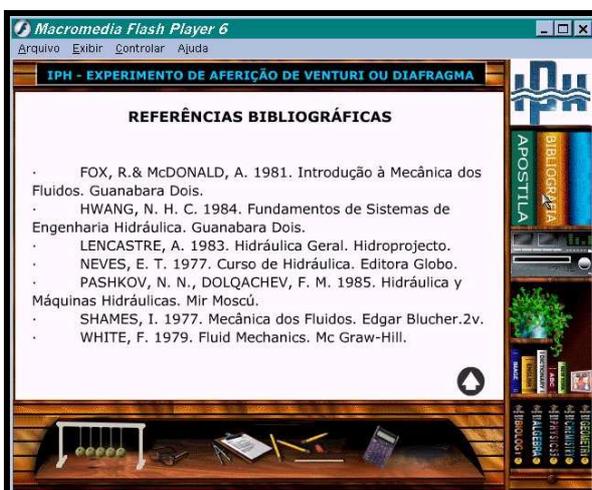


Figura 31. Seção Bibliografia

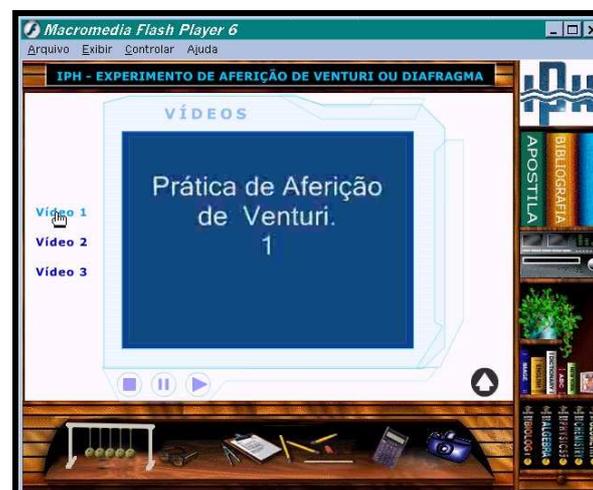


Figura 32. Tela da seção vídeos



Figura 33. Tela da seção vídeos



Figura 34. Tela da seção fotos

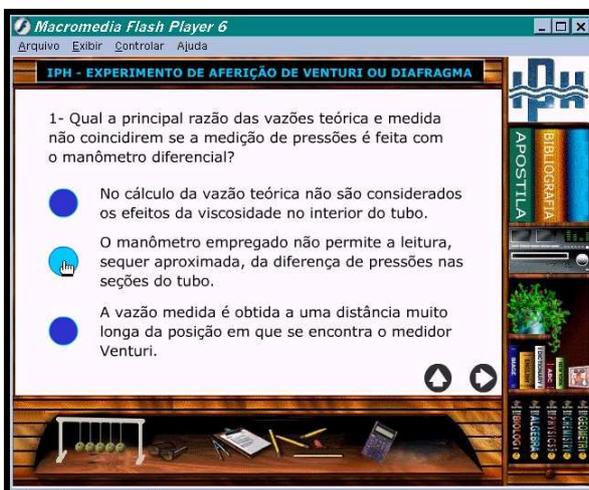


Figura 35. Tela da seção Questões

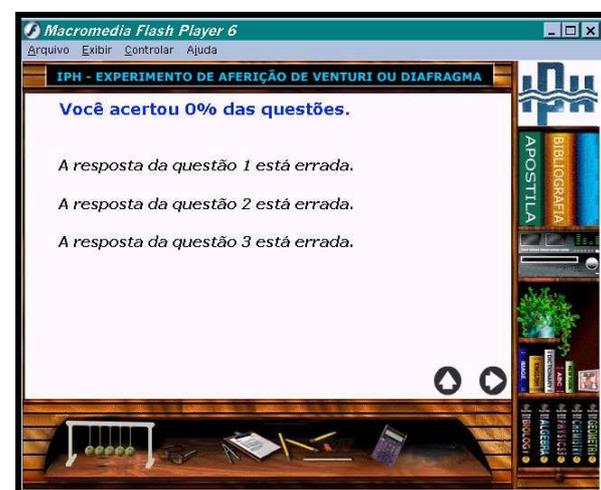


Figura 36. Resultado das questões

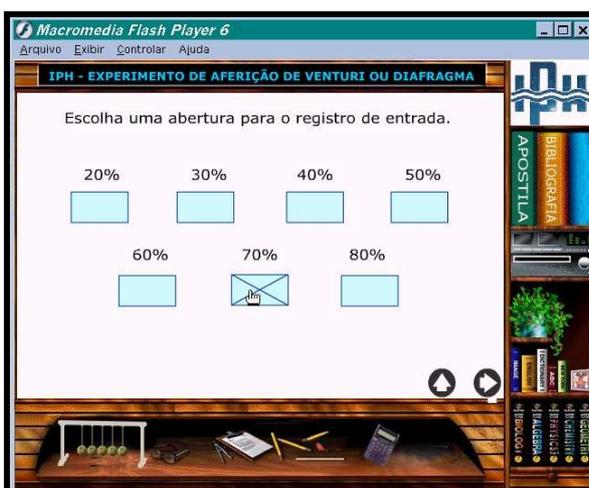


Figura 37. Tela do experimento

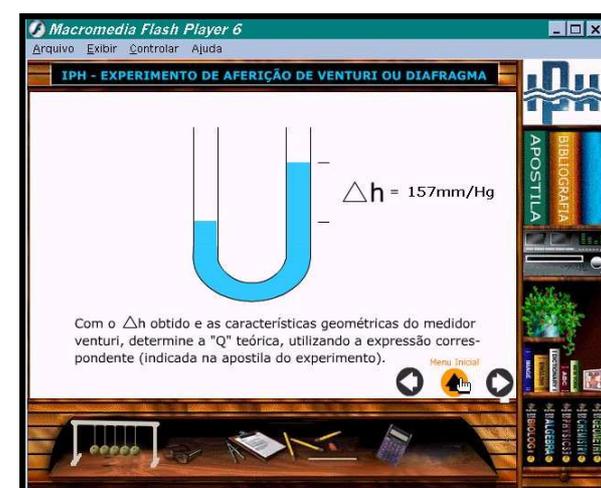


Figura 38. Tela do experimento

ANEXO D

Telas da simulação Esvaziamento de Reservatório

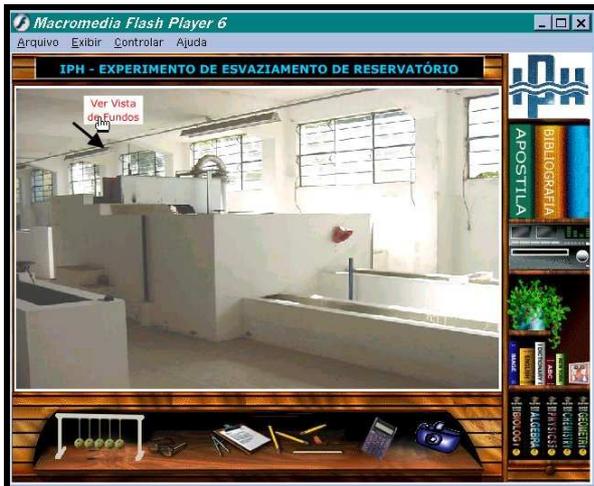


Figura 45. Tela principal do simulador

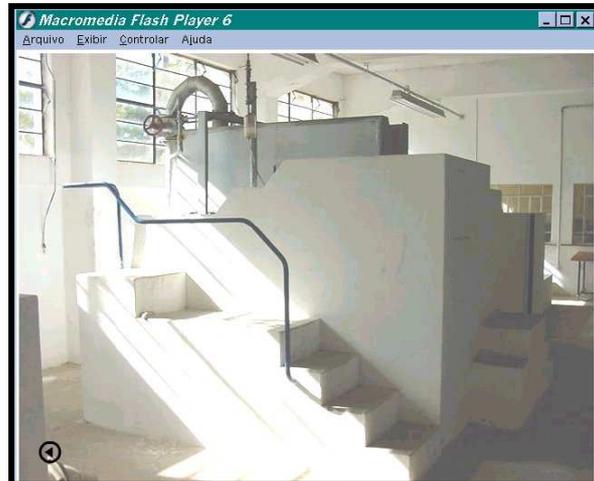


Figura 46. Componentes do experimento



Figura 47. Componentes do experimento



Figura 48. Seção Bibliografia

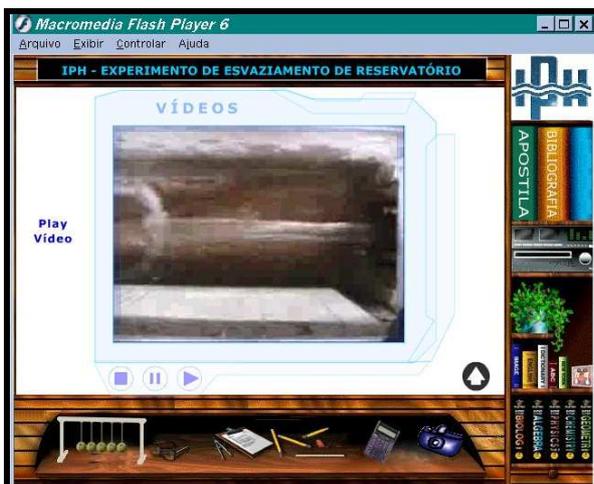


Figura 49. Tela da seção vídeos

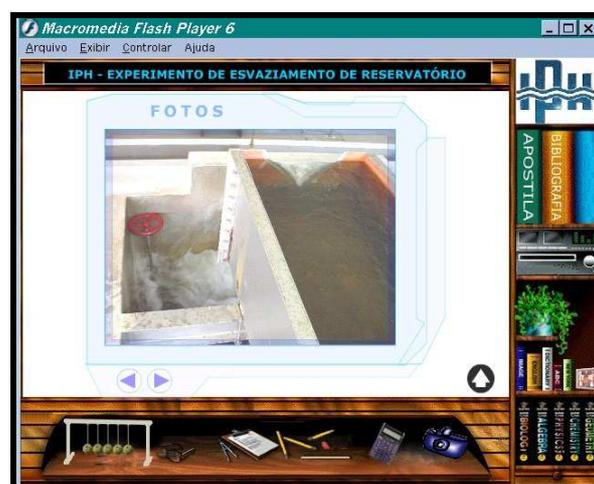


Figura 50. Tela da seção fotos

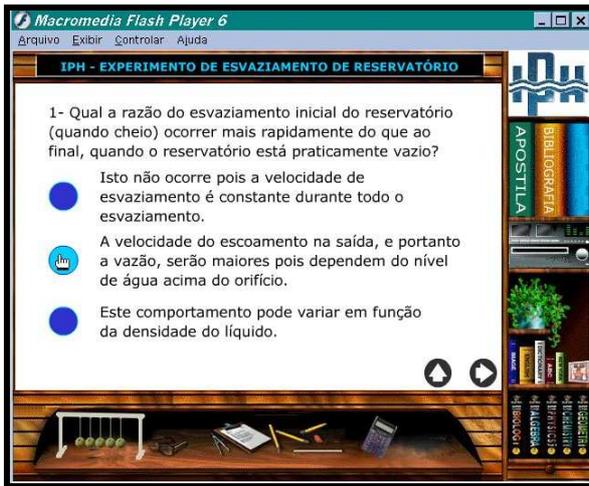


Figura 51. Tela da seção Questões

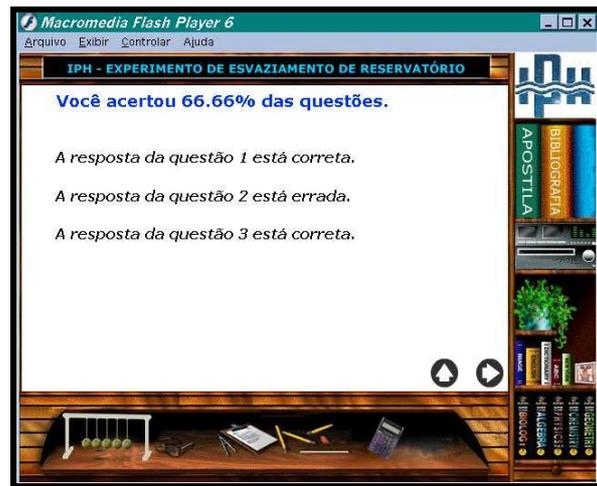


Figura 52. Resultado das questões

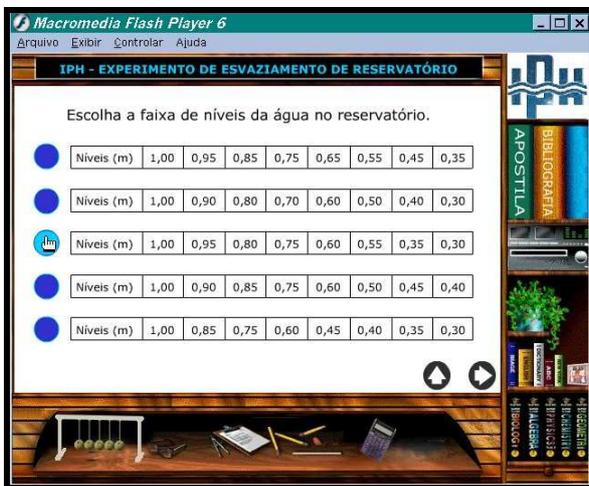


Figura 53. Tela do experimento

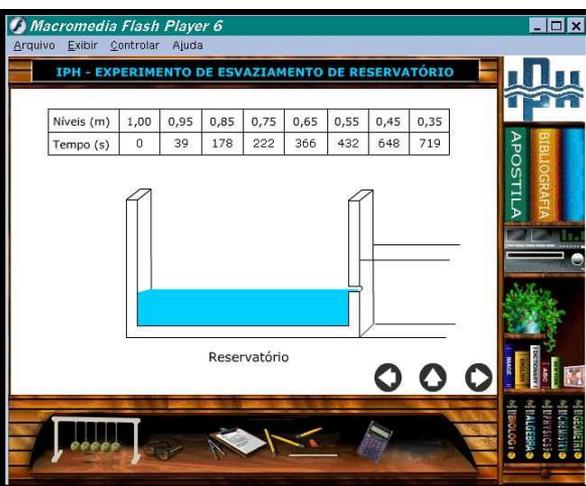


Figura 54. Tela do experimento

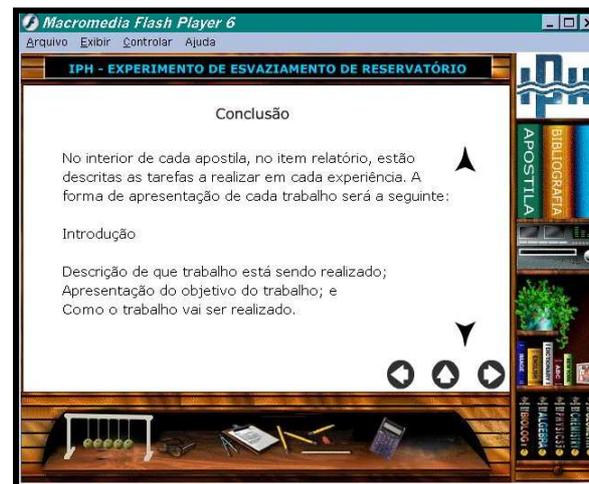


Figura 55. Conclusão do experimento

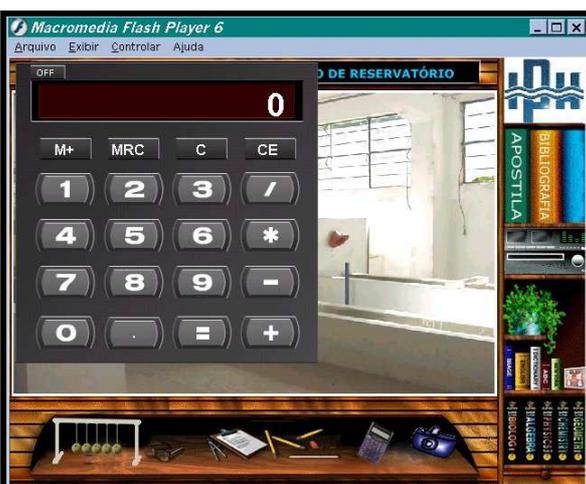


Figura 56. Tela da seção calculadora

ANEXO E

Telas do menu de navegação, comum às 3 simulações



Figura 57. Barra de Menu – seção Calculadora



Figura 58. Barra de Menu – seção Experimento



Figura 59. Barra de Menu – seção Fotos



Figura 60. Barra de Menu – seção Testes e Perguntas



Figura 61. Barra de Menu – seção Vídeos, Apostila e Bibliografia

ANEXO F

Roteiro do Experimento Esvaziamento de Reservatório

1. Introdução

A descarga de um orifício, bocal ou vertedor, depende da carga “h” acima do mesmo (fig. A). Quando esta carga é constante, ou seja, quando a vazão de entrada (Q_e) no reservatório é igual à vazão de saída (Q_s), o regime de escoamento é permanente. No entanto, o esvaziamento de um reservatório sem contribuição ($Q_e = 0$) é feito sob carga variável, o que conduz à vazões também variáveis em função do tempo e, portanto, ao regime não permanente. Nesse trabalho, o aluno terá oportunidade de verificar a ocorrência de um escoamento em regime não permanente e calcular variáveis relacionadas ao mesmo.

2. Resumo da Teoria

Suponhamos que um reservatório de seção “S” constante (fig.B) escoando sem contribuição. A cada valor da carga “z” corresponde uma vazão “Q” cuja expressão é:

$$Q_z = C a \sqrt{2gz} \quad (1)$$

onde : $Q_z = Q_z(t)$, já que $z = z(t)$

C = Coeficiente de vazão

a = área do bocal ou orifício

Evidentemente o volume escoado através do bocal ou orifício é igual à variação de volume dentro do reservatório. Se o reservatório tem seção constante “S”, temos:

$$Q_z dt = -S dz \quad (2)$$

O tempo necessário para baixar o nível do reservatório desde a cota “z₁”, até a cota “z₂” (fig. B), pode ser calculado. Substituindo (1) em (2) e isolando ‘dt’ obtem-se:

$$dt = \frac{S dz}{C a \sqrt{2gz}} \quad (3)$$

Integrando entre z₁ e z₂ obtém-se Δt :

$$\Delta t = \int_{t_1}^{t_2} dt = \int_{z_1}^{z_2} \frac{-S}{C a \sqrt{2g}} \frac{dz}{\sqrt{z}} = \frac{2S}{C a \sqrt{2g}} [\sqrt{z_1} - \sqrt{z_2}] \quad (4)$$

Transformando-se a equação (4), chega-se a:

$$\Delta t = \frac{S(z_1 - z_2)}{\frac{1}{2}(C_a \sqrt{2gz_1} + C_a \sqrt{2gz_2})} \quad (5)$$

o que mostra que o tempo para a passagem do nível z_1 a z_2 é igual ao volume a escoar [$\Delta V = S(z_1 - z_2)$] dividido pela média das vazões que se obteria, em regime permanente, com aquelas cargas.

O esvaziamento total se obtém da equação (5), fazendo-se $z_2 = 0$:

$$\Delta t = \frac{2Sz_1}{C_a \sqrt{2gz_1}} \quad (6)$$

Verifica-se que o mesmo se dá no dobro do tempo necessário para o escoamento do mesmo volume caso a carga se mantivesse constantemente igual a z_1 .

A lei de variação do plano de água com o tempo é obtida integrando-se (3) entre 0 e t e z_1 e z_2 :

$$z = \left(\frac{C^2 a^2 g}{2S^2} \right) t^2 - \left(\frac{C_a \sqrt{2gz_1}}{S} \right) t + z_1 \quad (7)$$

Substituindo (7) em (1), obtém-se a lei de variação da vazão com o tempo:

$$Q_t = C_a \sqrt{\left(\frac{C_a g t}{S} \right)^2 - \left(\frac{C_a 2g \sqrt{2gz_1}}{S} \right) t + 2gz_1} \quad (8)$$

3 – Trabalho Prático

3.1. Objetivo do trabalho

O trabalho tem por objetivo determinação e comparação com valores teóricos do tempo de esvaziamento do reservatório entre duas cotas dadas e a representação da função $z = f(t)$.

3.2. Descrição das instalações

A instalação utilizada é a Estação de Bocais ou Orifícios (fig. c), usando-se como reservatório as cubas 4 e 6 (ou apenas a cuba 6), esvaziando-se através de orifício ou bocal colocado em 7. Os níveis são determinados com o piezômetro 8.

3.3. Operações

I - Os integrantes do grupo deverão colocar-se:

- a) junto ao bocal ou orifício (7) para a retirada da tampa de borracha que impede a saída de água das cubas;
- b) junto ao piezômetro (4) para a leitura dos níveis d'água (cargas sobre o bocal ou orifício) e para operação do cronômetro;
- c) entre as posições anteriores para as anotações de dados.

II - Manipulações:

- a) verificar o nível inicial de água no reservatório (z_0), indicado no piezômetro (8); anotá-lo.
- b) de posse do cronômetro de 2 ponteiros, abrir o bocal ou orifício, retirando a tampa de borracha, acionando simultaneamente o cronômetro (botão 1);
- c) controlar o nível de água no piezômetro (8), anotando os tempos de passagem do menisco nas sucessivas cotas z_i solicitadas. Nos tempos parciais, usar o botão 2 do cronômetro;
- d) quando o menisco atingir a cota indicada para final do ensaio, travar o cronômetro usando o botão 1; anotar.

4 - Relatório

O relatório constará do seguinte:

- a) Cálculo do tempo total de esvaziamento, segundo a equação (6);
- b) Para o conjunto z_i de cotas do ensaio:
 - b.1) cálculo, por meio da equação (5), do tempo necessário para a passagem da cota z_i para z_{i+1}
 - b.2) cálculo do erro relativo de tempo (teórico e experimental), tomando-se como exato o tempo teórico calculado em (b.1);
- c) Representação cartesiana da função $z = f(t)$;
 - curva teórica usando a equação (7), adotando-se os tempos experimentais e calculando os novos "z";
 - curva experimental usando valores medidos anotados no trabalho prático;
- d) Croquis da instalação (não serão aceitas cópias dos desenhos da apostila)

e) Comentários sobre os resultados

f) Cópia da folha de medições

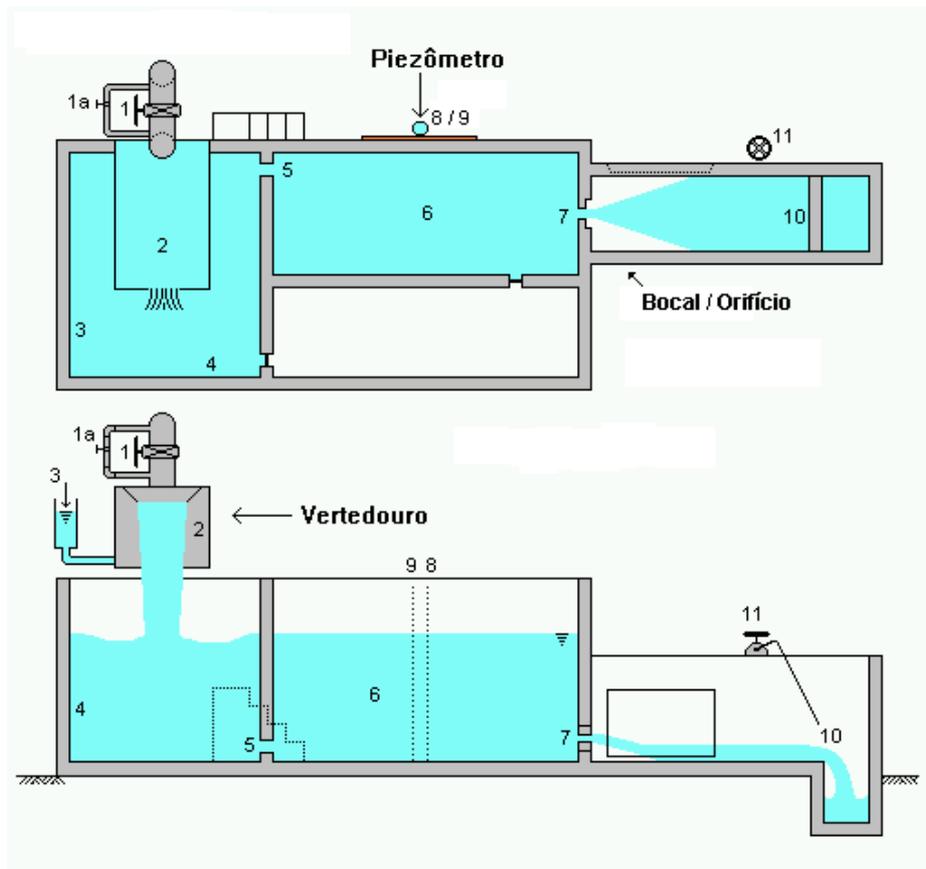


Figura A.

ANEXO G

Roteiro do Experimento Velocidades em Canal

1. Introdução

A determinação da descarga ou vazão em um canal pode ser feita de várias maneiras, uma das quais é através de uma série de medidas de velocidades em pontos convenientemente escolhidos. A vazão calculada através desses valores pontuais de velocidades será uma aproximação da vazão real. A precisão dessa aproximação depende de uma série de fatores, entre eles: precisão das medições de velocidade, número e posição dos pontos escolhidos e método numérico usado para cálculo da vazão.

Nesse trabalho, o aluno terá oportunidade de calcular a vazão em um canal através de velocidades pontuais medidas com uma sonda de Prandtl e comparar o resultado com a vazão real, medidas através de um vertedor retangular instalado no canal.

2 – Resumo da Teoria

Em escoamentos de fluidos, a distribuição das velocidades em uma seção transversal normalmente não é uniforme, pelo efeito das paredes, do fundo do canal e da superfície em contato com outro fluido (figura A).

Existe, no entanto, um valor denominado velocidade média (V_m) que pode ser encarado como uma velocidade uniforme fictícia que transporta o mesmo volume através da seção transversal que seria transportado pela distribuição real de velocidades. Define-se a velocidade média de transporte pelo quociente entre a vazão e seção do escoamento.

$$V_m = \frac{Q}{A}$$

$$\text{ou, já que } Q = \int_A v \, dA \quad (1)$$

$$V_m = \frac{1}{A} \int_A v \, dA$$

Se o perfil de velocidades for conhecido, e puder ser expresso através de uma expressão matemática integrável, a velocidade média pode ser calculada diretamente. Se o perfil de velocidades for conhecido (exata ou aproximadamente), mas não puder ser expresso matematicamente ou a sua expressão matemática não for integrável, a velocidade média deverá ser avaliada através de métodos numéricos ou gráficos.

3 – Trabalho Prático:

3.1. Objetivo de trabalho:

O trabalho tem por objetivo o cálculo da vazão em um canal através de alguns valores pontuais de velocidade medidos na seção transversal, comparação deste valor com a vazão real e cálculo do erro cometido. Além disso o aluno terá oportunidade de observar uma distribuição real de velocidade num canal aberto.

3.2. Descrição da instalação

Consta a instalação experimental de um canal de alvenária (fig. B), com $0,4 \times 0,4 \text{ m}^2$ de seção transversal, alimentado por um vertedor (2), incorporado ao modelo. A jusante, existe uma comporta (6) comandada pelo volante (6a) para a regulagem do nível d'água no canal, e duas pontas linimétricas (4) e (5), uma a montante e outra a jusante da seção (S) de ensaio, cujas medidas de profundidade serão utilizadas para cálculo de profundidade média (h_c).

Há dispositivos de tranquilização, para diminuir as perturbações ocasionadas pela lâmina oriunda do vertedor. Os registros (1) e (1a) comandam a vazão no vertedor e, conseqüentemente, no canal.

O vertedor tem por finalidade medir diretamente a vazão admitida no canal, a qual é uma função da carga "h" sobre a crista (7). Uma ponta linimétrica (3) permite o conhecimento da cota da superfície do vertedor. A carga "h" pode ser calculada conhecendo-se a cota da curva do vertedor (a_0).

O manejo do registro (1) e diferencial (1a) altera a vazão que escoar no canal e o da comporta (6), a profundidade da água, sem alterar a vazão.

Na figura C, vê-se o dispositivo para medidas de velocidades, constituído, no caso, por uma sonda de Prandtl montada em um suporte, que permite seus movimentos vertical e horizontal, de modo a poder-se medir a velocidade em qualquer ponto da seção. As partes componentes do dispositivo são as seguintes: sonda de Prandtl (1), suporte de pressão da sonda (2), parafuso de pressão (3), régua (4), suporte da régua (5), ponta de referência para deslocamento vertical da sonda (6), tomada de pressão dinâmica da sonda (7), parafuso de pressão de suporte do conjunto (8), régua de medida de deslocamento vertical da sonda (9).

3.3. Sonda de Prandtl

A sonda de Prandtl (fig. D), é constituída por um corpo cilíndrico terminado, de um lado, por uma seção semi-esférica com um orifício que comporta o critério da tomada dinâmica (a), e do outro, por um perfil fluído-dinâmico.

Na parede lateral do corpo cilíndrico existe uma tomada de pressão estática (b). As tomadas de pressão (a) e (b), ligam-se independentemente aos ramos de um manômetro diferencial. Mergulhada a sonda em um escoamento, mediante a leitura Δh no manômetro diferencial, poder-se-á realizar o cálculo da velocidade no ponto onde se encontra a sonda.

A pressão existente no ponto (a) provém da profundidade (h) (pressão estática) e da transformação da taquicarga ($V^2/2g$) em pressão (pressão dinâmica).

A pressão do ponto (b) é devida unicamente à profundidade (h), uma vez que a tomada (b) é perpendicular à direção da velocidade (V).

Assim entre os pontos (a) e (b), a diferença de pressão é igual a:

$$\frac{P_a - P_b}{\gamma} = \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

Esta diferença de pressão provoca um desnível no manômetro diferencial com líquido de densidade "d" igual a:

$$\frac{P_a - P_b}{\gamma} = (d - 1) \Delta h \quad (3)$$

Combinando-se (2) e (3), obtêm-se:

$$V = \sqrt{2g(d - 1) \Delta h} \quad (4)$$

Caso o manômetro esteja inclinado de um ângulo em relação à horizontal, a velocidade será dada:

$$V = \sqrt{2g(d - 1) \Delta h \text{ sen } \alpha} \quad (5)$$

3.4. Operações

1º- Os integrantes do grupo deverão ocupar as seguintes posições:

a) no vertedor, para comando do registro de alimentação (1) e da ponta linimétrica do vertedor;

b) junto à comporta de saída, para posicionamento da mesma, comandada pela leitura nas pontas (4) e (5);

c) no dispositivo de medidas de velocidades, para a manipulação da sonda;

d) no manômetro diferencial, para anotar as leituras dos mesmos, bem como as leituras referentes à vazão, posições da sonda e profundidades da água no canal.

2º - O início do ensaio deve ser precedido da verificação das vazões a utilizar, das profundidades da água no canal, das abcissas e coordenadas dos pontos em que deverão ser medidas as velocidades.

A seguir, devem ser executadas as seguintes manipulações:

a) abrir o registro (1), usar (1a) para pequenas diferenças, de modo a obter no vertedor a vazão desejada, colocando a ponta limimétrica do mesmo na leitura (H) igual à soma da carga (h) correspondente à leitura do gráfico e à cota da crista do vertedor (a_0) (fig.B);

b) regular a comporta, manejando o volante do comando da mesma, a fim de obter-se a profundidade do canal (h_c) a qual será verificada pelas pontas linimétricas (4) e (5), cujos valores são referidos ao fundo do canal. As leituras indicam diretamente a profundidade da água;

c) manejar o conjunto de medidas de velocidades, de modo que o eixo da sonda coincida como plano horizontal da cota (y).

OBS.: É interessante iniciar com o plano de cotas mais baixo, para evitar-se o risco de entrada de ar na sonda, o que inutilizaria o ensaio.

d) manejando somente a régua para o deslocamento da sonda no plano de cota (y), para o primeiro ponto de abcissa (x_1), e depois sucessivamente para os outros pontos;

e) elevar a sonda para a cota (y_2) e explorar novamente os pontos de abcissa (x_1), (x_2)....

4 - RELATÓRIO:

O relatório será constituído das seguintes partes:

a - curvas de distribuição de velocidades em cada vertical, com a determinação da velocidade média;

b - curva das velocidades médias no plano horizontal e determinação da velocidade média no canal;

c - cálculo da vazão;

d - cálculo do erro relativo cometido na vazão, considerando como exata a vazão determinada no vertedor;

e - comentário sobre os resultados;

f - anexar a folha de medição.

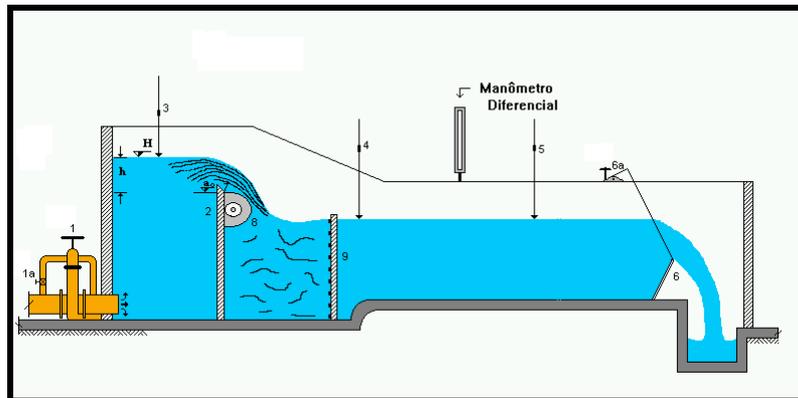


Figura B

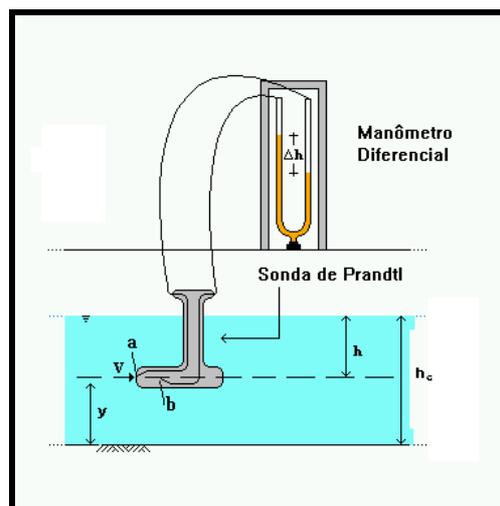


Figura D

ANEXO H

Roteiro do Experimento Aferição de Venturi

1 - Introdução

O venturi e o diafragma são dois dispositivos de medição de vazão em um conduto forçado que se baseiam no mesmo princípio. Estes dispositivos provocam um estreitamento da seção transversal do escoamento ocasionando uma diferença de pressão entre as seções de montante e jusante. A diferença de pressão entre as duas seções pode ser medida através de um manômetro diferencial. Uma vez conhecida a diferença de pressão entre as duas seções e aplicando Bernoulli entre as mesmas encontra-se uma expressão para a vazão que passa pelo conduto. Na aplicação de Bernoulli entre as duas seções algumas simplificações devem ser feitas. Por exemplo, despreza-se a perda de carga entre as duas seções e desconsidera-se a distribuição real de velocidades nas seções transversais por ser esta desconhecida, assumindo-se uma distribuição de velocidades uniforme e paralela (velocidade média). Em virtude das simplificações utilizadas, a equação assim obtida é uma equação aproximada apenas. A equação exata da vazão em função da diferença de pressão entre as duas seções é obtida através da calibração do aparelho em laboratório.

2 – Aspectos Teóricos

As figuras 1 e 2 mostram respectivamente um venturi e um diafragma da Estação de Conduitos Forçados do Laboratório de Ensino, conectados aos respectivos manômetros. Aplicando-se Bernoulli entre os pontos 1 e 2 do escoamento em um diafragma (figura 3) ou venturi (figura 4) podemos escrever, em ambos os casos:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (1)$$

Considerando escoamento permanente e incompressível a equação da continuidade é dada por:

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 \quad (2)$$

Elevando a equação (2) ao quadrado e dividindo por $2g$ encontra-se:

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g} \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \quad (3)$$

Substituindo (3) em (1) encontra-se a seguinte expressão para a velocidade V_2 :

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g[(p_1 - p_2)/\gamma] - h}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \quad (4)$$

Onde $h = (z_2 - z_1)$. Multiplicando a equação (4) pela área A_2 tem-se:

$$Q = A_2 \sqrt{\frac{2g[(p_1 - p_2)/\gamma] - h}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \quad (5)$$

Para o caso do laboratório, os dispositivos encontram-se na horizontal, donde tem-se que $h = 0$.

Todos os termos da equação (5) são conhecidos com exceção da diferença de pressão, a qual é obtida através do manômetro diferencial cuja equação é:

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \Delta h(d - 1) \quad (6)$$

onde: Δh é o desnível do manômetro

d é a densidade do líquido manométrico

A equação (5) é uma equação aproximada, como já foi visto .A equação da vazão real que passa pelo venturi ou diafragma é obtida multiplicando-se esta equação por um coeficiente de vazão "C". Substituindo nesta equação a equação (6) encontra-se, para $h = 0$:

$$Q = C \frac{A_1 A_2}{\sqrt{A_1^2 - A_2^2}} \sqrt{2g} \sqrt{\Delta h(d - 1)} \quad (7)$$

Fazendo:

$$\frac{A_1 A_2}{\sqrt{A_1^2 - A_2^2}} = k_1 = const. \quad (8)$$

$$\sqrt{2g} = k_2 = const. \quad (9)$$

$$\sqrt{(d-1)} = k_3 = \text{const.} \quad (10)$$

Tem-se:

$$Q = Ck_1k_2k_3\sqrt{\Delta h} = C_1\sqrt{\Delta h} = C_1(\Delta h)^{1/2} \quad (11)$$

onde $C_1 = C k_1 k_2 k_3$

3 – Trabalho Prático

3.1. Objetivo do trabalho

A calibração do aparelho envolveria a determinação do coeficiente de vazão C para uma gama grande e valores de vazão, a partir dos quais poderia-se desenhar a curva $Q = f(h)$. No trabalho prático, serão determinados os valores desta constante para alguns valores de vazão apenas.

3.2. Descrição das instalações

O venturi e o diafragma fazem parte da Estação de Conduitos Forçados apresentada nas figuras 5 e 6.

A água proveniente do reservatório superior de nível constante é admitida no ramo inferior da instalação, passando através do venturi (2). Nos ramos superiores a vazão pode ser repartida entre eles por meio dos registros (8) e (13). Em (6) encontra-se o diafragma.

Após percorrer os dois ramos a vazão inicial passa pela peça (14) penetrando na cuba (15). A partir da cuba a vazão pode ser desviada para o canal de retorno (24) ou para a cuba de aferição (19) dependendo da posição da calha metálica (16). Esta calha pode fazer rapidamente a transferência da vazão da cuba (15) para a cuba de aferição (19), cuja seção transversal é de 10 m^2 , mediante o acionamento da válvula (18). Um piezômetro (20) permite a determinação do nível de água na cuba (19).

3.3. Aferição volumétrica

A aferição volumétrica do diafragma ou venturi será executada por meio da coleta da vazão, que atravessa o aparelho, na cuba de aferição (19). O valor da vazão média será o quociente entre um determinado volume de água recolhido e o tempo empregado para recolhê-lo:

$$Q = \frac{\nabla}{\Delta t} \quad (12)$$

onde ∇ = volume acumulado na cuba de aferição (19)

$\square t$ = intervalo de tempo gasto na acumulação do volume ∇

A seção total da cuba é de 10 m^2 e o volume de água armazenada durante um intervalo de tempo $\square t$ será facilmente determinado pela diferença de níveis superior (N_s) e inferior (N_i) da água na cuba, antes e depois de cada ensaio. O intervalo de tempo será determinado por meio de um cronômetro acionado nos instantes precisos em que a água passa a ser transferida e deixa de ser transferida para a cuba, procedimentos que são controlados manobrando-se a calha metálica.

4 - Operações

1^o - Os integrantes do grupo deverão ocupar as seguintes posições:

- a) junto ao manômetro diferencial de mercúrio acoplado ao aparelho para as leituras dos desníveis e manobra do registro de controle de vazão
- b) junto ao piezômetro (20) para as leituras de nível da cuba e acionamento da calha
- c) entre as posições anteriores para anotação dos dados e acionamento do cronômetro

2^o - Manipulações:

- a) verificar nas instruções recebidas quais os desníveis manométricos ($\square h$) a empregar no manômetro diferencial
- b) abrir lentamente o registro de comando de vazões a fim de obter no manômetro o desnível desejado
- c) fazer a leitura do nível (N_i) da água na cuba (19)
- d) acionar a calha (16) mediante a válvula (18) - posição F - de modo a transferir a água para a cuba de aferição. Neste instante destravar o cronômetro
- e) deixar em funcionamento a instalação por um espaço de tempo que será indicado previamente para cada desnível manométrico
- f) acionar a calha para transferir a água novamente para o canal de retorno, válvula (18) - posição A - travando o cronômetro

- g) após esperar a tranquilização da água na cuba (19) ler no piezômetro (20) o nível superior (N_S)
- h) esvaziar a cuba (19) por meio do registro (21) quando necessário
- i) fechar o registro (21)
- j) proceder como nos itens anteriores para os demais desníveis solicitados

5 - Relatório

O relatório será feito do mesmo modo tanto para o venturi como para o diafragma, devendo conter:

- a) cálculo da constante C (coeficiente de vazão) para cada uma das medições realizadas
- b) comparação dos valores obtidos com dados experimentais encontrados na bibliografia e comentários
- c) traçado em papel log-log dos pontos experimentais, representando em ordenadas os desníveis manométricos em mm de Hg e em abcissas os valores das vazões em l/s
- d) desenho esquemático da instalação e dos aparelhos de medição (não serão aceitas cópias dos desenhos das apostilas)
- e) cópia da folha de medidas

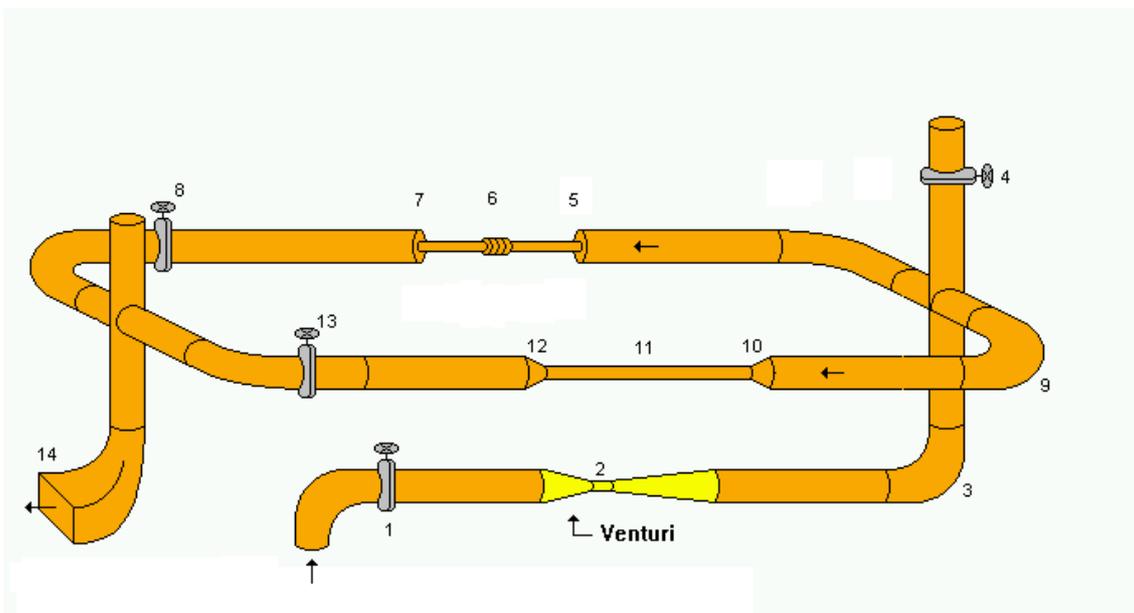


Figura 1

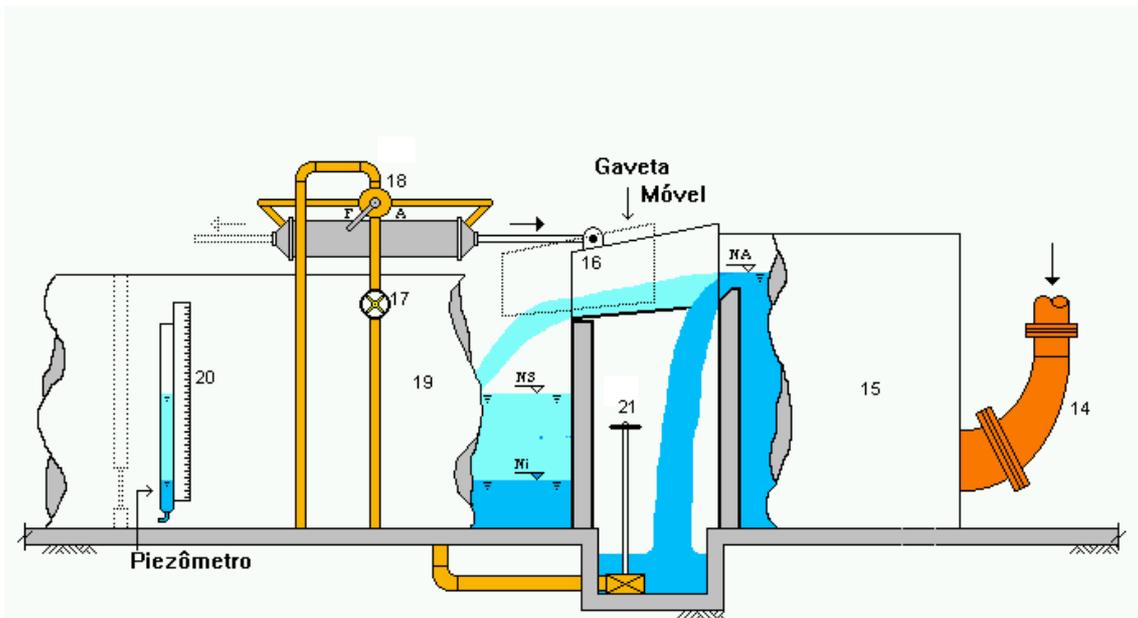


Figura 2.