

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

OSCAR EDUARDO PATRÓN GUILLERMO

**USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM EM MECÂNICA DOS
FLUÍDOS E HIDRÁULICA NA ENGENHARIA**

Tese apresentada como requisito parcial para a
obtenção do grau de Doutor em Informática na
Educação.

Orientador: Prof. Dr. José Valdeni de Lima
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Liane Margarida
Rockenbach Tarouco

PORTO ALEGRE

2016

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Patrón Guillermo, Oscar Eduardo

Uso de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem em mecânica dos fluidos e hidráulica na engenharia. / Oscar Eduardo Patrón Guillermo. -- 2016.
162 f.

Orientador: José Valdeni de Lima .

Coorientador: Liane Margarida Rockenbach Tarouco.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Laboratórios Virtuais de Aprendizagem. 2. Aprendizagem significativa. 3. Hidrolândia. I. Valdeni de Lima , José, orient. II. Rockenbach Tarouco, Liane Margarida, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Dr. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Dr. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Dr. Vladimir Pinheiro do Nascimento

Diretor do CINTED: Prof. Dr. José Valdeni de Lima

Coordenador do PPGIE: Prof. Dr. Eliseo Berni Reategui

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro



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

**ATA SOBRE A DEFESA DE TESE DE DOUTORADO
OSCAR EDUARDO PATRÓN GUILLERMO**

Às quatorze horas do dia dezessete de agosto de dois mil e dezesseis, na sala 329 do PPGIE/CINTED, nesta Universidade, reuniu-se a Comissão de Avaliação, composta pelos Professores Doutores: Milton Antonio Zaro, Gilse Antoninha Morgental Falkemback e Luiz Olinto Monteggia, para a análise da defesa de Tese intitulada *“Uso de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem em Mecânica dos Fluidos e Hidráulica na Engenharia”*, do doutorando do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação Oscar Eduardo Patrón Guillermo, sob a orientação do Prof. Dr. José Valdeni de Lima e coorientação da Prof.^a Dr.^a Liane Margarida Rockenbach Tarouco.

A Banca, reunida, após a apresentação e arguição, emite o parecer abaixo assinalado.

Considera a Tese aprovada

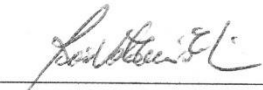
- (X) sem alterações;
() e recomenda que sejam efetuadas as reformulações e atendidas as sugestões contidas nos pareceres individuais dos membros da Banca;

[] Considera a Tese reprovada.


Considerações adicionais (a critério da Banca):

A BANCA RECOMENDA A EXCELENÇA DO TRABALHO.

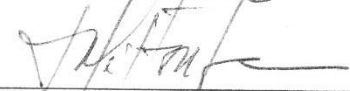
Porto Alegre, 17 de agosto de 2016.




Prof. Dr. José Valdeni de Lima
Presidente e Orientador



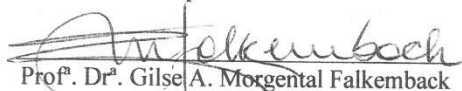
Prof.^a Dr.^a Liane M. Rockenbach Tarouco
Coorientadora



Prof. Dr. Milton Antonio Zaro
PPGIE/UFRGS



Prof. Dr. Luiz Olinto Monteggia
IPH/UFRGS



Prof.^a Dr.^a Gilse A. Morgental Falkemback
UFSM

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer aos meus orientadores, Prof. Dr. José Valdeni De Lima e principalmente à Profa. Dr^a Liane Margarida Rockenbach Tarouco que me orienta pela terceira vez, pela compreensão e direcionamentos para que pudesse ter chegado a bom termo com a minha pesquisa, apesar dos meus problemas de saúde durante o curso. Também agradeço ao meu colega do PGIE Gabriel Vianna Schlatter, pela inestimável parceria e ajuda nas análises estatísticas dos meus dados de pesquisa.

Ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS onde por quase 20 anos trabalhei e possibilitou o uso do laboratório de hidráulica para minha pesquisa, e especialmente ao Prof. Dr. Luiz Augusto Magalhães Endres que acreditou na minha proposta, deu a oportunidade de efetuar a pesquisa em suas disciplinas e me recebeu nas mesmas para efetuar o estágio docência.

Aos professores, Ana Luiza de Oliveira Borges, Edith Beatriz Camano Schettini, Eduardo Puhl e Rafael Manica, que de alguma maneira colaboraram com meu trabalho e permitiram também a minha pesquisa nas disciplinas por eles ministradas, e de maneira especial à Bibliotecária Jussara Silva que tanto me ajudou nas revisões dos meus artigos e nas referências da tese.

Ao CINTED que já em 2003 me abriu o caminho através do ESPIE, por me interessar muito pela Informática educativa, e ao próprio PGIE, pela oportunidade de poder realizar este marco na minha vida. Em suma, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que me propiciou cinco cursos de grande significado e qualidade.

Aos meus pais, Juan Carlos e Stella Mary, que me permitiram e incentivaram para sair do meu Uruguai e vir para o Brasil, em Porto Alegre, expandir meu conceito de mundo e me realizar tanto pessoal como profissionalmente. A eles devo muito e agradeço por isso.

À minha família, minha esposa, Regina; e minha filha, Maria Eduarda. Elas dão significado à minha vida, motivação, apoio e desejo de viver por algo que vale a pena.

Finalmente, quero agradecer também ao Grande Arquiteto e Geômetra do Universo, por ter me propiciado e mostrado um caminho de luz, no qual pude viver as passagens descritas acima com saúde, força e sabedoria e me mantendo sempre no esquadro.

RESUMO

Esta tese teve como objetivo o desenvolvimento de um Laboratório Virtual de Aprendizagem (LVA) - Hidrolândia e a avaliação do seu impacto em termos de aprendizagem, aplicado em disciplinas de mecânica dos fluidos e hidráulica, na graduação de cursos de Engenharia, no Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, onde existe laboratório experimental em escala em hidráulica. A pesquisa foi realizada através do uso do LVA, especialmente desenvolvido para as disciplinas de graduação em cursos de Engenharia. Um total de 414 alunos, pertencentes a três cursos de Engenharia, participaram da pesquisa, sendo esta desenvolvida no período de 2012/2 a 2015/1. O Hidrolândia permite a simulação de vários processos referentes a três práticas laboratoriais da disciplina: velocidade em canal, aferição de Venturi e esvaziamento de reservatório. A estrutura do LVA e a abordagem pedagógica adotada permitiram a interação dos alunos com diversos componentes do ensaio, alterando fatores e variáveis do laboratório virtual, viabilizando a repetição do experimento com novos parâmetros e a análise dos resultados imediatamente. Após o uso do LVA, os alunos responderam a um questionário, o qual permitiu uma avaliação qualitativa do uso do referido recurso tecnológico virtual, além de uma avaliação teórica de conhecimentos. Duas turmas foram mantidas como controle, não tendo realizado o LVA; porém, tendo realizado o teste teórico para posterior análise em relação aos alunos que realizaram o LVA. A base teórica que dá alicerce para este trabalho é a da aprendizagem significativa (meaningful learning), dentro de uma perspectiva construtivista, abordagem proposta principalmente por David Jonassen. A análise dos resultados estatísticos mostrou que houve uma grande aceitação do uso do LVA, manifestado pelos alunos no questionário de avaliação e um significativo ganho no processo de aprendizagem, na comparação das notas finais e dos testes de conhecimento. A nota média no teste de conhecimentos dos alunos que utilizaram o LVA foi significativamente superior aos que não o utilizaram. Foi estatisticamente comprovado que o perfil de conceitos dos alunos que utilizaram o laboratório virtual é diferente do perfil dos que não o utilizaram e, em função dos percentuais maiores em conceitos "A" e "B", a diferença é no sentido de aumentar o desempenho daqueles que o utilizaram. Assim sendo, a principal contribuição desta tese é o desenvolvimento do LVA Hidrolândia e uma metodologia para sua utilização que, comprovadamente, geram maiores ganhos de aprendizagem na área de mecânica dos fluidos e hidráulica, o desenvolvimento das simplificações das equações da mecânica dos fluidos, gerando os algoritmos utilizados nas simulações do LVA, o desenvolvimento do mundo virtual do laboratório físico real no IPH, bem como sua implementação em Action Script, que pode servir de referência para implementação de outros mundos virtuais; portanto, cumprindo com os objetivos propostos.

Palavras-chave: Laboratórios virtuais de aprendizagem, aprendizagem significativa, hidráulica e mecânica dos fluidos na engenharia, Hidrolândia.

Use of Virtual Labs Learning in hydraulics and fluid mechanics in engineering.

ABSTRACT

This thesis aimed to the development of a Virtual Learning Lab (AVL) - Hidrolândia, and the evaluation of its impact in terms of learning, applied in mechanical of fluids and hydraulics disciplines, in undergraduate engineering courses at the Hydraulic Research Institute - IPH, in at Federal University of Rio Grande do Sul - UFRGS, where there is experimental and real laboratory in hydraulics. The survey was conducted through the use of LVA specially developed for undergraduate courses in Engineering courses. A total of 414 students from three engineering courses, participated in the survey, which was carried out from 2012/2 to 2015/1. The Hidrolândia allows the simulation of various processes relating to three laboratory discipline practices: channel speed, Venturi gauging and tank emptying. The structure of the LVA and the pedagogical approach adopted allowed the interaction of students with various components of the test by changing factors and variables of virtual lab, making possible to repeat the experiment with new parameters and analyzing the results immediately. After using the LVA, the students answered a questionnaire, which allowed a qualitative evaluation of the use of that virtual technological resource, as well as a theoretical evaluation of knowledge. Two groups were kept as a control and had not made the LVA, but having done the theoretical test for further analysis regarding students who performed the LVA. The theoretical basis that gives foundation for this work is the significant learning (meaningful learning) within a constructivist perspective, approach proposed mainly by David Jonassen. The analysis of the statistical results showed that there was wide acceptance of the use of LVA, shown by students in the assessment questionnaire and a significant gain in the learning process, the comparison of endnotes and knowledge tests. The average score in the test of knowledge of the students who used the LVAH was significantly higher than those who did not use. It has been statistically proven that the profile concepts of students who used the virtual lab was different from the profile of those who did not use and, due to higher percentages in concepts "A" and "B", with increased performance those who used it. Therefore, the main contribution of this thesis is the development of LVA Hidrolândia and a methodology for its use that was proven to generate greater learning gains in the mechanical area of fluids and hydraulics, the development of the simplifications of the fluid mechanics equations, generating the algorithms used in the LVA simulations, the development of the virtual world to the physical laboratory at IPH and its implementation in Action Script, which can serve as a reference for the implementation of other virtual worlds; thus complying with the proposed objectives.

Keywords: Virtual learning labs, meaningful learning, hydraulics and fluid mechanics in engineering, Hidrolândia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número de matrículas por área de conhecimento no Brasil	13
Figura 2 Consequência das reprovações no ensino	29
Figura 3. Componentes do Experimento Esvaziamento de Reservatório.	30
Figura 4. Componentes do Experimento Velocidade em Canal.....	30
Figura 5. Componentes do Experimento Aferição de Venturi.	30
Figura 6. Alunos na aula experimental no laboratório de hidráulica.....	31
Figura 7. Trajetória tradicional e com o uso do LVA na disciplina de mecânica dos fluidos.	32
Figura 8. Personagem pedagógica Prof. Hidro.....	50
Figura 9. Campus virtual em versão dia e noite	51
Figura10. Laboratório virtual- experimentos em hidráulica.....	51
Figura 11. Etapas dos experimentos virtuais.	52
Figura 12. Comparação entre os tipos de laboratório usado na educação de redes de computadores.....	57
Figura 13. Atributos da Aprendizagem Significativa.....	67
Figura 14. Número de alunos participantes da pesquisa por semestre	73
Figura 15. Comparação do desempenho (conceito codificado) dos alunos de mecânica dos fluídos com (S) e sem (N) LVA	77
Figura 16. Intervalo de confiança da diferença entre as notas dos alunos, com e sem LVA. .	77
Figura 17. Comparação de desempenho para alunos que frequentaram a disciplina pela segunda vez.....	78
Figura 18. Intervalo de confiança da diferença entre as notas dos alunos que cursaram a disciplina pela segunda vez, com e sem LVAH.	78
Figura 19. Comparação de desempenho para alunos que frequentaram a disciplina pela terceira vez (F=1,51 e valor p=0,237)	78
Figura 20. Comparação de desempenho para alunos que frequentaram a disciplina pela quarta vez (F=0,01 e valor p=0,922)	79
Figura 21. Comparação do desempenho (conceito codificado) dos alunos do curso de Engenharia Civil, com e sem LVAH.....	79
Figura 22. Intervalo de confiança da diferença entre as notas dos alunos de engenharia civil, com e sem LVAH.	80
Figura 23. Comparação de desempenho dos alunos do curso de engenharia ambiental com e sem o uso do LVAH (F=2,49 e valor p=0,121).....	80

Figura 24. Distribuição dos conceitos dos alunos (com e sem LVA)	82
Figura 25. Contribuição para o chi-quadrado	83
Figura 26. Comparação do desempenho (nota no teste teórico) dos alunos de mecânica dos fluídos com (S) e sem (N) o uso do LVA.....	83
Figura 27. Comparação das médias dos alunos que usaram (S) e que não usaram (N) o laboratório virtual	84
Figura 28. Intervalo de confiança da diferença entre as médias no teste teórico dos alunos, com e sem LVA.....	84
Figura 29. Comparação do desempenho (nota no teste teórico) dos alunos de mecânica dos fluídos que utilizaram somente o laboratório real (N) ou somente o laboratório virtual LVA (S)	85
Figura 30. Comparação das médias dos alunos que usaram somente um dos laboratórios: real (N) ou virtual (S)	85
Figura 31. Intervalo de confiança da diferença entre as médias no teste teórico dos alunos do laboratório real e do laboratório virtual.....	86
Figura 32. Intervalo de confiança da diferença das médias dos testes teóricos de alunos que utilizaram o LVA quando comparados com os que usaram o laboratório real.	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação do número de conceitos obtidos na disciplina de mecânica dos fluídos.	81
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Reprovados no semestre 2011/1	28
Quadro 2. Reprovados no semestre 2011/2	28
Quadro 3. Detecção de atributos cooperativos	74
Quadro 4. Detecção de atributos ativos	75
Quadro 5. Detecção de atributos construtivos e de aprendizagem autêntica.....	76
Quadro 6. Opiniões dos alunos sobre a trajetória de aprendizagem com o LVA Hidrolândia	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EAD	Educação a distância
EUA	Estados Unidos de América
CINTED	Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação
ESPIE	Curso de Especialização em Informática na Educação
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
LVA	Laboratório Virtual de Aprendizagem
PAG	Programa de Apoio à Graduação
PGIE	Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação
PME	Physical Manipulative Experimentation
PROGRAD	Pró-Reitoria de Graduação
REUNI	Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
VME	Virtual Manipulative Experimentation
VCL	Laboratório de Controle Virtual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo geral.....	19
1.2 Objetivos específicos.....	19
1.3 Questão de pesquisa	20
2 CONTEXTO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA	21
2.1 Cursos envolvidos	24
2.2 Súmula das disciplinas envolvidas na pesquisa	25
2.3 Alunos envolvidos	25
2.4 Repetência nas disciplinas foco da pesquisa	26
2.5 Aula prática no laboratório de hidráulica.....	29
2.6 Contexto da trajetória de aprendizagem explorada.....	31
3 LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM	34
3.1 Simulações em LVA	42
3.2 Vantagens das simulações	46
3.3 Tipos de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem	48
3.4 Laboratório de mecânica dos fluidos e hidráulica.....	50
4 TRABALHOS CORRELATOS	53
4.1 Uso pedagógico de laboratórios virtuais de aprendizagem	53
5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	65
5.1 Aprendizagem Significativa.....	65
6 MÉTODO DE PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	71
6.1 Aspectos qualitativos da pesquisa	74
6.2 Aspectos quantitativos da pesquisa.....	76
6.3 Percepção dos alunos.....	87
6.4 Percepção do Processo de ensino por parte dos professores	97
7 AVALIAÇÃO FINAL DOS RESULTADOS	103
8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	105
REFERÊNCIAS	109
ANEXO A - QUESTIONÁRIO DE PESQUISA	121
ANEXO B -TESTE DE AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTO.....	128
ANEXO C - REGISTRO DO HIDROLÂNDIA	131
ANEXO D - REGISTRO DO PROFESSOR HIDRO.....	134
ANEXO E - TELAS E INTERFACE HIDROLÂNDIA	135

ANEXO F - ROTEIRO DO EXPERIMENTO DE Esvaziamento de Reservatório.....	142
ANEXO G - ROTEIRO DO EXPERIMENTO DE VELOCIDADES EM CANAL.....	147
ANEXO H - ROTEIRO DO EXPERIMENTO DE Aferição de Venturi	152
ANEXO I - SÚMULA COMPLETA DA DISCIPLINA	158

1 INTRODUÇÃO

Esta tese tem como objetivo desenvolver um Laboratório Virtual de Aprendizagem em mecânica dos fluidos e hidráulica (LVA) chamado de Hidrolândia – UFRGS (2014) e implementar seu uso de acordo com uma proposta pedagógica em disciplinas de graduação da engenharia, para poder avaliar o impacto em termos de aprendizagem por parte dos alunos.

Existe, atualmente, uma contínua preocupação com o índice de repetência e evasão em disciplinas de mecânica dos fluidos e de hidráulica, principalmente em cursos superiores de engenharia. Nas turmas de semestres anteriores ao início desta pesquisa realizada (2011 a 2012), o índice de repetência variava de 20 a 27% do total de alunos matriculados nessas duas disciplinas, e inclusive com um histórico de diversas repetências do mesmo aluno, segundo dados do departamento de hidromecânica e hidrologia do IPH/UFRGS, este índice sendo maior que a soma de todas as outras disciplinas do departamento.

Segundo Canto (2015), como consequência direta do recente perfil ingressante nos cursos de Engenharia, observa-se um maior percentual de calouros com lacunas de formação, principalmente em disciplinas básicas de matemática e física, sendo esta uma das principais causas de reprovação e evasão. As disciplinas de mecânica dos fluidos e hidráulicas têm como pré-requisitos disciplinas básicas de física e cálculo que historicamente também têm índices relativamente altos de repetência. Neste contexto, o uso e aplicação do LVA Hidrolândia nas disciplinas de mecânica dos fluidos e hidráulica têm como objetivo motivar os alunos a estudar esta área de hidráulica; melhorar a compreensão dos fenômenos ocorridos nas práticas laboratoriais, melhorando o desempenho na disciplina; e, concomitantemente, diminuir o índice de repetência e evasão.

Fernandes (2013) cita num artigo que:

Nos últimos 25 anos, a procura por vagas em vestibulares nas áreas de ciências exatas, no Brasil, passou por uma estagnação, refletindo na atual escassez de profissionais técnicos e fazendo gerar na imprensa os comentários de “apagão de Engenheiros”. Esta mesma tendência também aconteceu nos Estados Unidos e Europa, fazendo com que vários países (como a Alemanha, por exemplo) investissem em programas de “importação” de engenheiros. Nos últimos cinco anos, a procura por cursos na área de Engenharia, no Brasil, vem apresentando um significativo aumento, principalmente nos cursos de Engenharia Civil, Mecânica e Produção. Quanto ao número de engenheiros formados, o crescimento é bastante lento, caracterizado por uma crescente taxa de evasão.

Diante do recente crescimento econômico e da situação atual do Brasil, mesmo diante de uma crise mundial, a demanda por engenheiros é crescente e justificada: precisa-se de

mão de obra qualificada e liderança para produzir uma base para o país crescer. O Brasil tem hoje cerca de 600 mil engenheiros registrados nos conselhos Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA) e Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA). Isto equivale a seis profissionais para cada mil trabalhadores. Nos Estados Unidos e no Japão, essa proporção é de 25 para cada grupo de mil pessoas economicamente ativas. Dados do sistema da federação das indústrias mostram que, do total de cursos oferecidos no País por instituições públicas e privadas, 76% são para áreas de humanas e sociais e 8,8% são para engenharias.

A preocupação com a queda no número de engenheiros que se formam todo ano nas universidades fez com que, a partir de 2006, não só o governo como setores importantes da área empresarial mobilizassem esforços na tentativa de atenuar esse quadro. Já segundo o censo de educação superior de 2010, a distribuição do número de matrículas por área geral de conhecimento reflete estes números em ordem de grandeza, o que reforça ainda mais a preocupação, como mostra a tabela 1, onde a Engenharia ocupa em torno de 10% de matrículas nas Universidades.

Figura 1. Número de matrículas por área de conhecimento no Brasil

Área Geral do Conhecimento	%
Total	100,0
Ciências sociais, negócios e direito	41,5
Educação	21,2
Saúde e bem estar social	14,0
Engenharia, produção e construção	9,9
Ciências, matemática e computação	6,5
Humanidades e artes	2,3
Agricultura e veterinária	2,3
Serviços	2,2

Fonte: MEC/INEP 2010

São as empresas de grande porte que empregam a maioria dos engenheiros: o percentual é de 51,8%, em números absolutos. Isto faz com que a ideia do engenheiro empreendedor seja uma figura que cada vez mais começa a ter lugar, o que faz com que a quantidade de profissionais trabalhando em pequenas empresas seja crescente. Ainda assim, os números não são muito animadores.

No âmbito da Educação, as tecnologias de informação e comunicação (TICs) trouxeram e têm oferecido, constantemente, contribuições significativas. Muito mais do que

como um fim em si mesmo, a Informática pode colaborar na criação de ambientes de aprendizagem interativos, uso de objetos de aprendizagens e as novas tecnologias aplicadas à educação, que apresentam, potencialmente, condições excepcionais tanto para o desenvolvimento cognitivo, quanto para o incremento dos processos da autonomia intelectual e da tomada de decisões.

Neste sentido, o advento das novas tecnologias de informação e comunicação trouxe novas perspectivas e também o aumento do interesse pela Educação a Distância (EAD), o que permite, hoje, até superar com qualidade alguns cursos tradicionais, assim também como o uso de tecnologias educacionais para complementar e aperfeiçoar o ensino presencial, com ferramentas interativas, simulações, laboratórios virtuais e objetos de aprendizagem de uma maneira geral.

Outro aspecto relevante a ser considerado é que, cada vez mais, novas gerações de alunos aprendem com o uso das tecnologias de informação e comunicação (TICs), comunicando-se através de mensagens de texto, utilizando redes sociais e se divertindo com games educativos. Celulares mais sofisticados (*smartphones*) surgem a cada dia dando suporte a estes recursos e desenvolvendo uma forma de pensar e um estilo de aprendizagem diferente nestes novos aprendizes, quando comparados com as gerações anteriores.

Estes estudantes sentem-se confortáveis aprendendo tanto no mundo virtual como no real, vivenciando, simultaneamente, aulas presenciais tradicionais lado a lado com o ensino a distância. A fim de explorar as mudanças oriundas desse contexto, o Laboratório Virtual de Aprendizagem Hidrolândia foi desenvolvido e aplicado a partir dos fundamentos da aprendizagem significativa. Seu propósito é o de agir como uma ferramenta de facilitação no entendimento dos fenômenos físicos estudados na mecânica dos fluidos.

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 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 têm 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, laboratórios virtuais, com conteúdo desenvolvido direcionado a este tipo de estratégia educacional.

Pereira Filho (2002) indica que 50% dos estudantes que ingressavam 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. A literatura na área de educação (TEIXE, 2005; SILVA et al., 2005; PAZ et al., 2005; LACAZ et al., 2007, AZAMBUJA et al., 2004) aborda a reprovação nos cursos de engenharia como um fenômeno que ocorre na maioria das universidades do país.

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. Enfrentar o desafio de criar novos modelos de ensino alavancados pela tecnologia exige um esforço que impele à interdisciplinaridade, tanto no sentido de desenvolver novas formas de ensinar e de aprender como no sentido de implementar pesquisas para o aprimoramento das próprias tecnologias, visando adequá-las e aperfeiçoá-las para o uso educacional.

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.

O trabalho do laboratório é uma parte integrante da ciência e da educação em engenharia. O laboratório é o lugar onde várias teorias são testadas e é um local onde a relação entre conhecimento teórico e prático é estabelecida. Estes laboratórios têm desempenhado um papel importante no desenvolvimento de tecnologias, materiais e informação tornando a vida mais fácil, e trazendo luz sobre novas descobertas, segundo Diwakar et al. (2013).

Além disso, o Laboratório tem um grande papel no reforço de competências dos alunos, pois é um ambiente vital de uma variedade de atividades e experiências em que a ciência é estudada, sendo um ambiente vital onde a ciência é experimentada, onde as capacidades de resolver problemas são refinadas no contexto da investigação laboratorial. As atividades laboratoriais desenvolvem uma ampla variedade de aspectos, organizacional,

criativo e de habilidades de comunicação, oferecendo um cenário ideal para motivar os alunos enquanto eles experimentam o que é ciência (GABER, et al. 2013).

Segundo Salaheddin et al. (2015), a engenharia é uma ciência aplicada e a ciência mantém-se viva de experimentos e laboratórios. Os alunos só podem adquirir conhecimento prático que vai além da mera teoria científica nos laboratórios de ensino. Isso pode ser feito usando três diferentes tipos de laboratórios de ensino: laboratórios de realidade aumentada, laboratórios virtuais e laboratórios tradicionais. Para este pesquisador, é inegável que os laboratórios apresentam uma parte essencial no ensino da engenharia porque eles fornecem conhecimento prático para os alunos.

Os laboratórios tradicionais estão disponíveis em pequenos e limitados períodos para um grande número de estudantes. Além disso, a principal desvantagem deste tipo de laboratórios refere-se a equipamentos e instrumentos necessários dispendiosos; uma abordagem para contornar os problemas mencionados é através do emprego de laboratórios virtuais e remotos que auxiliam os alunos no desenvolvimento de suas habilidades práticas.

Sell (2014) cita que o ensino na engenharia deve ser autêntico, colaborativo, com aprendizagem ativa, baseado em problemas, e a direção adequada é aprender a pensar ativamente implementando os conhecimentos adquiridos em laboratórios práticos, incluindo laboratórios virtuais e remotos. Fundamentada na visão de que aprendizes constroem seu próprio entendimento, o modelo exige que os professores sejam hábeis em questionar e orientar os alunos a pensar e fazer sobre as decisões pontuais. O modelo é eficaz para promover nos estudantes envolvimento e motivação dentro de um ambiente seguro e de apoio de aprendizagem em laboratórios virtuais e remotos, introduzindo estratégias de ensino e modelos que são projetados para capacitar a profunda compreensão e o pensamento crítico no ensino de engenharia.

O ensino de ciências tem tradicionalmente usado laboratórios para ajudar a ativar ideias experienciais e se envolver com fenômenos científicos. Experiências de laboratório físicas beneficiam os alunos, incorporando objetos concretos na aprendizagem das ciências; alguns alunos podem se envolver melhor com ciência quando eles são capazes de tocar, mover e examinar objetos reais (FEISEL; ROSA, 2005). Laboratórios físicos também podem dar aos alunos a oportunidade de interagir diretamente com os fenômenos científicos sendo estudados (LUNETTA; HOFSTEIN; CLOUGH, 2007).

Mas, apesar do uso generalizado de laboratórios físicos (não baseados em computador) na ciência, laboratórios normalmente não fornecem representações para níveis não visíveis como átomos e moléculas, por exemplo (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004). Como resultado, os

alunos podem ter dificuldade para conectar laboratórios físicos com ideias de nível molecular e pode ter dificuldades para integrar fenômenos observáveis e moleculares (GABEL, 1999).

Experiências práticas laboratoriais dão aos alunos a experiência direta com os fenômenos e práticas científicas (National Research Council [NRC], 2006), mas nem sempre são bem-sucedidos na obtenção de que alunos tenham uma compreensão de conceitos científicos subjacentes (FINKELSTEIN et al., 2005). Ferramentas de tecnologia virtual, *software* e simulações são implementados com sucesso nas aulas de ciências para ajudar os alunos a desenvolver explicações de temas de ciência complexa (BELL, TRUNDLE, 2008; CARLSEN, ANDRE, 1992; CHIU, LINN, 2014; HEOFFLER, LEUTNER, 2007; HONEY, HILTON, 2011; JAAKOLA, NURMI, VEERMANS, 2011; WINDSCHITL, ANDRE, 1998).

Chiu (2015), num dos seus trabalhos, cita que experiências de laboratório físicos em ciência capacitam os alunos a interagir com fenômenos científicos observáveis, mas os estudantes muitas vezes não conseguem fazer conexões com os comportamentos de nível molecular subjacente. Experiências laboratoriais virtuais e visualizações baseadas em computador capacitam os alunos a interagir com conceitos científicos não observáveis, mas os estudantes podem ter dificuldades para se conectar a instâncias reais do fenômeno observado.

As experiências ou experimentos são uma maneira eficiente para entender assuntos que são difíceis de entender usando apenas livros didáticos. Esta é a principal razão pela qual o trabalho experimental é essencial em cursos de graduação em ensino de engenharia (HWANG 2016).

Para Ostroukh (2013), aulas práticas e laboratoriais têm um papel importante no processo educacional moderno. Muitas vezes, a percentagem do material adquirido depende não só da qualidade do material de ensino, mas também de como são utilizados ao conduzir as aulas por parte dos professores. A tecnologia informatizada tem permitido o desenvolvimento de LVA, que enriquece o material pedagógico utilizado em sala de aula. A prática do sistema de laboratórios virtuais tem um impacto significativo sobre o processo de aprendizagem dos alunos e conduz a uma aprendizagem de qualidade superior. Estudantes de engenharia devem ter uma melhor compreensão da teoria instruída, por conseguinte, a maioria dos cursos no ensino de engenharia exige laboratórios e estes devem ser devidamente utilizados (ODEH, 2014).

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.

Conflitos entre vivência experimental e entendimentos científicos podem ser um desafio para superar, mas também podem servir como locais particularmente férteis para ajudar os alunos a se envolver numa mudança conceitual ou na reestruturação de ideias. Nesta mudança conceitual e para entender melhor os conceitos científicos difíceis é que os laboratórios virtuais complementam a prática laboratorial (CHIU, 2015).

Segundo Veljko et al. (2016), na última década, foi desenvolvida uma série de laboratórios virtuais inteiramente baseados em *software* em diferentes campos. Na maioria dos casos eles são específicos para um contexto educacional e não oferecem possibilidades de generalização para uma plataforma aplicável a uma classe mais ampla de disciplinas de engenharia. Estes laboratórios têm diferentes níveis de complexidade técnica. Os pesquisadores estão cientes de que os sistemas de laboratório virtual e simuladores são frequentemente usados atualmente apenas como um passo inicial no ensino da engenharia de um estudante, seguido por mais experiências práticas em profundidade com equipamentos autênticos reais. Citam que, no estado da arte atual sobre o assunto, reconhecem que o progresso contínuo em computação gráfica, realidade virtual e tecnologias de mundos virtuais podem oferecer a oportunidade de ampliar rapidamente o uso do laboratório virtual de aplicações baseadas em sistemas, e que podem eventualmente reduzir a necessidade de laboratórios reais no mundo completamente.

Para atender a esses princípios e à necessidade de responder ao desafio da inovação, é que este trabalho propõe desenvolver um Laboratório Virtual de Aprendizagem para as disciplinas de Mecânica dos Fluidos e Hidráulica da graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, atualmente ministrada em aproximadamente 80% dos cursos de Engenharia.

Embora o LVA Hidrolândia não tenha 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.

Vemos aqui, então, o papel da instituição de ensino sendo cumprido com a universalização de conhecimentos e de proporcionar meios e incentivar os interessados a usufruir das novas ferramentas tecnológicas aplicadas ao ensino.

1.1 Objetivo geral

- Contribuir para a formação de alunos de graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, colaborando significativamente no processo de ensino-aprendizagem dos mesmos, possibilitando o uso de ferramentas computacionais como os laboratórios virtuais de aprendizagem em consonância com as novas tecnologias para a educação, estas sendo capazes de produzir e estimular a aprendizagem dos alunos de forma articulada à proposta pedagógica e a uma concepção interacionista e significativa de aprendizagem.

1.2 Objetivos específicos

- Conceber um LVA na área de mecânica dos fluidos e hidráulica, fazendo com que propostas deste tipo funcionem como ponto de partida de outras iniciativas em outras áreas da educação;
- Explorar o potencial do LVA, no ensino de hidráulica, e mostrar sua capacidade em termos de ganhos de aprendizagem, identificando se existe diferença significativa em termos de aprendizagem nos alunos que realizam somente a prática laboratorial real, somente o LVA ou os dois procedimentos concomitantemente;
- Constatar se os alunos estavam engajados num processo de aprendizagem significativa durante o processo de aprendizagem com o uso do LVA Hidrolândia;
- Verificar nas turmas pesquisadas a importância do uso deste tipo de objeto educacional e como o aluno vê o mesmo com relação a uma prática laboratorial tradicional no laboratório de hidráulica;
- Verificar se o LVA é visto por parte dos alunos como um substituto da prática laboratorial tradicional em hidráulica ou como um complemento à experiência laboratorial;

- Verificar qual é a percepção do aluno em termos de aprendizagem, ao participar de uma aula tendo como ferramenta de apoio ao seu aprendizado o LVA Hidrolândia.

1.3 Questão de pesquisa

A questão de pesquisa está intimamente relacionada aos objetivos gerais e específicos delimitados, sendo esta: o LVA Hidrolândia na área de mecânica dos fluidos e hidráulica, concebido e aplicado sob a ótica da aprendizagem significativa, pode ser um elemento diferenciador que proporcione ganhos em termos de aprendizagem para alunos de engenharia com seu uso em aula?

Esta tese está dividida em 8 Capítulos. Após a Introdução no capítulo 1, o Capítulo 2 traz o contexto do problema e justificativa, mostrando os cursos e disciplinas envolvidas na pesquisa, assim como a questão da repetência e evasão deste tipo de disciplina nos cursos de graduação da UFRGS. Também é mostrado o contexto da nova trajetória de aprendizagem explorada e sobre as aulas práticas no laboratório de hidráulica na disciplina.

No Capítulo 3, é mostrada uma revisão ampla da literatura sobre os laboratórios virtuais de aprendizagem. O Capítulo 4 traz uma revisão sobre os trabalhos correlatos, o uso e aplicação pedagógica em sala de aula dos LVA, e também sobre o Hidrolândia. O Capítulo 5 traz a fundamentação teórica, a teoria da aprendizagem significativa, mostrando conceitos de David Ausubel, mas principalmente de David Jonassen, mostrando os atributos da aprendizagem significativa e o contexto que eles se aplicam no uso do LVA Hidrolândia.

No capítulo 6, aborda-se o método de pesquisa mostrando a abordagem quali-quantitativa da pesquisa, as técnicas de coleta de dados e as técnicas de análise estatística implementadas no estudo; traz a análise dos resultados, mostrando os aspectos qualitativos e quantitativos dos resultados. Também é mostrada a percepção dos alunos em relação ao uso do LVA e a percepção dos professores ministrantes das disciplinas onde o LVA foi aplicado e suas visões em relação a esta pesquisa. O Capítulo 7 traz a avaliação final dos resultados, e no Capítulo 8 as conclusões e trabalhos futuros, concluindo a tese com as Referências utilizadas e os Anexos.

2 CONTEXTO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

Dentre as limitações do ensino, principalmente as financeiras, têm feito com que seja necessário enfrentar alguns problemas que acabam por prejudicar o aprendizado de alunos universitários, e em outros níveis também. Uma destas limitações é a falta de recursos para a aquisição e manutenção de laboratórios experimentais, utilizados na fixação dos conceitos teóricos, que na área técnica, e em especial na Engenharia é muito comum e bastante desejável.

Este fato 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 em algumas poucas universidades, e esta realidade pouco se alterou nos dias de hoje. Para Salaheddin et al. (2015), infelizmente muitos cursos de engenharia não contêm componentes de laboratório por causa de grandes despesas e da falta de espaço.

Iniciativas desta natureza podem estreitar a distância entre os estudantes de engenharia de escolas relativamente com maiores disponibilidades de recursos e que podem custear facilidades laboratoriais abrangentes àquelas instituições que contam com menores recursos e faculdades comunitárias, que não podem oferecer facilidades laboratoriais abrangentes.

Para Tibola et al. (2014), a educação moderna precisa usar todos os recursos para melhorar o processo de ensino-aprendizagem. Para atingir este objetivo, a tecnologia pode ser uma boa aliada, já que este busca o equilíbrio entre aulas teóricas e práticas.

Um ambiente virtual de aprendizagem é, quase sempre, em primeiro lugar, um desafio lúdico que gera, naturalmente, motivação. A motivação para a aprendizagem é fundamental para que esta se efetue. A interatividade, a manipulação e o controle do ambiente por parte do aluno reforçam ainda mais a motivação referida e permite-lhe sentir-se mais à vontade, dominando um universo que compreende e apreende mais facilmente. Por outro lado, em um ambiente como este, a aprendizagem é realizada pelo aluno, embora sempre com o apoio e orientação do professor (GOUVEIA, 1998).

A aprendizagem em práticas laboratoriais é uma parte essencial dos currículos de engenharia; estudantes de engenharia em geral preferem trabalhar em algo real com experiências autênticas. O modo clássico e a mais antiga forma de educação laboratorial são os experimentos físicos. Os avanços nas tecnologias de informação e comunicação têm

contribuído para a aprendizagem em laboratórios através da criação de dois novos modos: o modo simulado (virtual) e o modo em rede controlado (remoto), onde cada modalidade tem suas próprias vantagens e desvantagens, segundo Abdulwahed (2013). O mesmo pesquisador ressalta que tem sido demonstrado na recente literatura educacional que são recomendadas técnicas de aprendizagem com laboratórios híbridos (reais e virtuais) para melhorar a aprendizagem experiencial de estudantes de engenharia.

Os LVA propiciam aos estudantes a interação com modelos e processos complexos de forma controlada (muitas vezes inviável em escala real), sem riscos que envolvam periculosidade ou gastos proibitivos, já que estas simulações envolvem a criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real.

Os autores Toval e Flores (1987) relatam que as simulações podem permitir aos alunos construir, em suas mentes, modelos de sistemas físicos que, muitas vezes, não conseguem desenvolver de forma adequada apenas com a escuta do professor ou a leitura de manuais, recorrendo à memorização. A observação de simulações bem concebidas pode ajudar o aluno a mentalizar modelos melhor estruturados.

As simulações podem despertar ou aumentar o interesse dos alunos já que, com o fato de poderem controlar determinadas situações do fenômeno estudado, é induzida uma aprendizagem mais fácil e rápida. O aluno pode ver como se altera o comportamento do modelo em uma variedade de situações e condições. Segundo Otoni (2004), em 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 aprendem fazendo. Trata-se de uma ferramenta de estudo interativa que ajuda a construir e trabalhar conceitos.

O mesmo autor relata que em seus experimentos é possível dar acesso virtual a todos os componentes necessários para criar projetos de qualquer complexidade. Ao contrário dos equipamentos didáticos tradicionais, normalmente não é necessária a aquisição de componentes adicionais como, por exemplo, no caso de uma simulação mecânica real, a compra de um componente de maior custo.

Nas últimas décadas, o uso de laboratórios virtuais ou simulações em laboratórios tem aumentado rapidamente no ensino da engenharia. Os laboratórios virtuais capacitam o aluno para acessar às aplicações de engenharia facilmente a qualquer hora e computador, caso sejam remotos. Um laboratório virtual é uma simulação de *software*, que é uma imitação de uma experiência real, representado por um modelo matemático. Em outras palavras, laboratórios virtuais imitam os laboratórios tradicionais físicos (NEDIC et al., 2016).

Pode-se afirmar que é um desafio a concepção e desenvolvimento de um ambiente virtual que: favoreça a participação ativa do aluno no seu processo de aprendizagem, incentive e permita a troca de ideias e experiências entre os participantes e torne possível a discussão e o trabalho cooperativo. Estas características desejadas têm por objetivo auxiliar na tentativa de reverter as tradições condutivistas do ensino expositivo. As tecnologias, como ressalta Jonassen (apud REIS, 2001), só mudarão a natureza das atividades educacionais se dirigidas por mudanças fundamentais nas concepções e métodos de ensino-aprendizagem.

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 corresponsável 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 efetividade das antigas práticas, as aulas expositivas e as provas continuam sendo dominantes, como afirma Pereira Filho (2002), e esta prática perpetua-se ainda hoje.

O mesmo autor salienta, também, que se deixa 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.

Para Nippert (2002), o principal objetivo do ensino da engenharia é preparar engenheiros que podem lidar com equipamentos e instrumentos. Como a engenharia é uma ciência aplicada, seus cursos são os que contêm a maior parte dos estudos de laboratório. Portanto, os laboratórios são essenciais na educação científica. Recentemente, os ambientes de laboratórios foram alterados pelas tecnologias computacionais e virtuais, que abriram muitas portas na educação.

É dentro deste contexto que se enquadra esta abordagem metodológica e o uso dos laboratórios virtuais na área de hidráulica, pois estas disciplinas são de alto grau de desistência e repetência; são disciplinas difíceis, que usam a bagagem teórica aprendida nas disciplinas básicas do início do curso como física e cálculo matemático. E, diminuindo a desistência e repetência, indiretamente propicia-se potencialmente o egresso de um maior número de engenheiros e com maior competência nesta área do saber.

2.1 Cursos envolvidos

O LVA Hidrolândia foi aplicado nas disciplinas de introdução ao estudo do uso, manejo e preservação dos recursos hídricos, nos diferentes cursos de engenharia onde têm caráter obrigatório e são ministrados pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas. As disciplinas possuem as denominações principais Mecânica dos Fluidos e /ou Hidráulica, conforme o curso, que são, praticamente, todas as engenharias existentes na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, exceto as em que essas disciplinas introdutórias não são ministradas pelos Departamentos do IPH.

Esta disciplina tem como objetivo fornecer aos alunos os conhecimentos básicos sobre propriedades dos fluidos, esforços estáticos e dinâmicos, leis de conservação de massa, energia e quantidade de movimento, bem como camada limite e turbulência. No que diz respeito às competências que se deseja desenvolver durante a disciplina, ao seu término pretende-se que o aluno seja capaz de:

- Conhecer as principais propriedades dos fluidos e sua forma de variação e, em particular, as leis de variação de pressão em fluidos de densidade constante e variável;
- Resolver problemas, aplicando as equações da continuidade, de energia e da conservação da quantidade de movimento, nas formas integral e diferencial;
- Saber o que são escoamentos potenciais e suas hipóteses de aplicação;

- Conhecer os principais grupos dimensionais e seu significado físico;
- Saber o que são modelos físicos e como estabelecer as leis de semelhança e;
- Ter noções de turbulência e saber calcular esforços produzidos por escoamentos sobre sólidos.

2.2 Súmula das disciplinas envolvidas na pesquisa

- Mecânica dos Fluidos – IPH01107 (oferecida para as engenharias Civil, Ambiental e Hídrica): Transferência de massa, de energia e calor e de quantidade de movimento. Sistemas, estados, processos e propriedades. Sistemas fechados e abertos. Propriedades físicas dos fluídos: unidades e dimensões. Meios contínuos. Pressões. Compressibilidade. Estática dos fluídos e suas aplicações. Dinâmica dos Fluídos. Método de Euler. Regime variado e regime permanente. Linhas e tubos de fluxo. Equação da continuidade, da energia e da quantidade de movimento; Teorema de Bernoulli. Perda de energia e perda de carga. Potência. Análise dimensional. Camada limite.
- Mecânica dos Fluidos e Hidráulica III – IPH01009 (oferecida para as engenharias Metalúrgica e de Materiais): Fundamentos, propriedades, estática e cinemática dos fluidos. Teorema de Transporte de Reynolds e sua aplicação às leis de conservação de massa, energia e quantidade de movimento, escoamento potencial, equações de Navier-Stokes, análise dimensional e teoria da semelhança, turbulência, camada limite e condutos forçados, escoamento à superfície livre, bombas e produção de vácuo.

2.3 Alunos envolvidos

O caráter obrigatório das disciplinas citadas torna o número total de alunos ingressos nas engenharias da Universidade potenciais usuários do LVA Hidrolândia, mas a aplicação neste projeto de tese serão nas disciplinas de mecânica dos fluidos e hidráulica. Apenas como exemplo, tomando o caso da disciplina de Mecânica dos Fluidos ministrada para as engenharias civil e ambiental, existem 4 ou 5 turmas, dependendo da demanda em cada semestre, com 25 a 40 alunos matriculados por turma, normalmente cursada por estudantes de sexto semestre.

A partir do semestre letivo 2013 esta demanda cresceu, pois iniciaram os alunos já ingressos no novo curso da Universidade Federal do Rio Grande do Sul na área da engenharia hídrica sediado no Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Nestes cursos, existe uma série de disciplinas oferecidas posteriormente, dando continuidade ao estudo da área. Por outro lado, para os cursos das engenharias de Minas, Metalúrgica, Materiais, Elétrica, Produção e Cartográfica, não há continuidade em caráter obrigatório na área dos recursos hídricos, tornando o uso dos recursos de aprendizagem aqui tratados ainda mais importante, pois será, talvez, uma única oportunidade de aprendizagem destes conteúdos em sala de aula.

2.4 Repetência nas disciplinas foco da pesquisa

O somatório dos percentuais de repetência e evasão em Mecânica dos Fluidos nos cursos das engenharias civil e ambiental pode girar em torno de valores como 20 a 40%, variando muito a cada semestre e em cada curso. Nas disciplinas dessa área, ministradas aos demais cursos, este valor está em torno de 10 a 25%. Estes índices deveriam estar numa aparente tendência de redução em função da grande procura de candidatos ao ensino superior na área das engenharias, pelo fato do mercado ter falta de engenheiros em diversas áreas, como provam pesquisas de Canto (2015), processo este que, de certa forma, deveria filtrar qualitativamente os alunos devido ao número reduzido de vagas oferecidas, quando comparado à procura.

Mas, por outro lado, conforme citado por Canto (2015, p15), com o advento das cotas universitárias houve uma expressiva mudança no perfil dos calouros, estes tendo mais lacunas em disciplinas como física e matemática, que são base na engenharia, fato este que parece ser o mais adequado à realidade que está acontecendo. Tanto é assim que a UFRGS aumenta seu projeto PAG – Programa de apoio à graduação, oferecendo disciplinas de reforço principalmente nas áreas de cálculo e física.

Este Programa de Apoio à Graduação (PAG) é um programa acadêmico proposto pela PROGRAD – Pró-reitoria de Graduação e acompanhado pelo Departamento de Programas Acadêmicos, desenvolvido no âmbito do Programa REUNI. Tem por objetivo a qualificação da graduação. Três Projetos fazem parte do Programa: o PAG 1, o PAG2 e o PAG3.

- **PAG1** (cuja abertura se deu com o Edital PROGRAD 01/2010): tinha como objetivo apoiar a realização de estudos sobre a retenção e evasão de alunos em cursos de graduação. Os estudos consistiram em realização de diagnósticos, análises e

execução de experiências pertinentes às questões de retenção e evasão, bem como a propostas de ações para superação dos problemas diagnosticados, na perspectiva da dinâmica interna dos vários cursos de graduação da UFRGS.

- **PAG2:** tem por objetivo apoiar os estudantes que necessitam de reforço no processo ensino-aprendizagem em cálculo, física, química, português, inglês e produção de textos acadêmicos e científicos. No âmbito deste Projeto, as atividades vêm sendo oferecidas gratuitamente aos alunos da UFRGS desde 2010/01. As atividades de reforço consistem em aulas, oficinas, palestras, atividades culturais, entre outras, para melhorar o desempenho acadêmico dos estudantes da universidade. A proposta visa proporcionar novas oportunidades de aprendizagem-ensino, além da sala de aula, planejadas e executadas por uma equipe, que envolve desde alunos de graduação, mestrandos, doutorandos e pós-doutorandos e a coordenação por um professor da área.
- **PAG3:** começou a ser desenvolvido em 2012 com o tema: “Inovações Pedagógicas em Disciplinas Presenciais”. Visa apoiar propostas de inovações pedagógicas que despertem nos estudantes de graduação uma maior motivação em aprender, procurem respeitar o tempo de aprendizagem dos estudantes, sinalizem alternativas e caminhos para novas formas de estudo e de ensino, visando ao sucesso acadêmico em disciplinas com elevadas taxas de reprovação, prioritariamente na área das ciências exatas. Com isso, pretende-se oportunizar reflexões sobre projetos pedagógicos e ações docentes; incentivar e apoiar o envolvimento dos Departamentos e das Comissões de Graduação com a temática; contribuir para a diminuição dos índices de retenção e evasão, e conseqüente elevação dos índices de diplomação na Universidade. De uma maneira mais detalhada, os quadros 1 e 2 resumem os dados (semestres letivos 2011/01 e 2011/02 – ano anterior ao início da pesquisa) referentes às reprovações nas duas disciplinas envolvidas no projeto deste edital e relacionadas com a repetência em relação às demais disciplinas do departamento, constatando que, em ordem de grandeza, a repetência nestas disciplinas é em torno do dobro das demais do departamento de Hidromecânica e Hidrologia.

Quadro 1. Reprovados no semestre 2011/1

Departamento de Hidromecânica e Hidrologia do IPH

semestre 2011/01

Total do departamento

nº alunos 582
reprovados 116 alunos = 20 % do total

Mecânica dos fluidos

nº alunos 103
reprovados 39 alunos = 38 % de Mecânica dos fluidos

Hidráulica

nº alunos 90
reprovados 24 alunos = 27 % de Hidráulica

Demais disciplinas

nº alunos 389
reprovados 53 alunos = 14 % entre as demais disciplinas

Fonte: Departamento de Hidromecânica e Hidrologia do IPH/UFRGS.

Quadro 2. Reprovados no semestre 2011/2

semestre 2011/02

Total do departamento

nº alunos 518
reprovados 91 alunos = 18 % do total

Mecânica dos fluidos

nº alunos 107
reprovados 29 alunos = 27 % de Mecânica dos fluidos

Hidráulica

nº alunos 84
reprovados 19 alunos = 23 % de Hidráulica

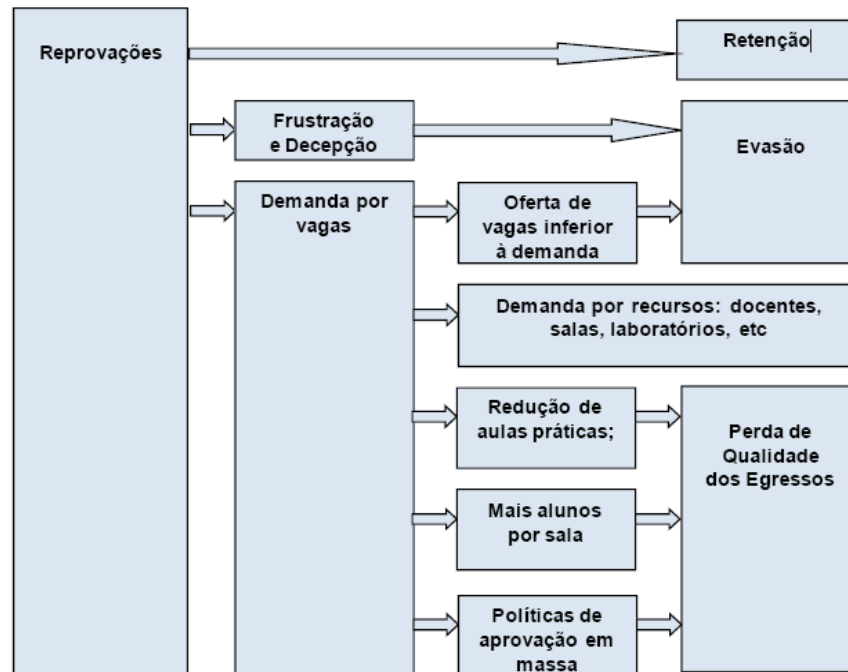
Demais disciplinas

nº alunos 327
reprovados 43 alunos = 13 % entre as demais disciplinas

Fonte: Departamento de Hidromecânica e Hidrologia do IPH/UFRGS.

Segundo Canto (2012), elevados índices de reprovação podem implicar diversos resultados indesejáveis, tais como: o aumento da evasão, o aumento de demanda por recursos (docentes, salas, laboratórios, etc.), ou a adoção de políticas de aprovação em massa, que levaria à perda de qualidade dos egressos, conforme apresenta o diagrama de causas e efeitos mostrado na Figura 2.

Figura 2 Consequência das reprovações no ensino.



Fonte: CANTO (2012).

A desistência também é um sério empecilho para quem deseja ampliar o número de engenheiros formados no Brasil. Anualmente, ingressam cerca de 760 alunos nos cursos de engenharia na UFRGS. Apenas 440 formaram-se em 2013 e grande parte da evasão ocorre no início do curso, pois nos dois primeiros anos ocorre a fundamentação teórica, e não são matérias fáceis. Assim, a atenção aos quatro primeiros semestres é essencial, pois é quando se apresentam conceitos e raciocínios que serão importantes no futuro profissional.

2.5 Aula prática no laboratório de hidráulica

Na disciplina de Mecânica dos Fluidos, 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 3 a 5 representam os componentes dos respectivos experimentos: Esvaziamento de Reservatório, Velocidade em Canal e Aferição de Venturi, no laboratório de hidráulica.

Figura 3. Componentes do Experimento Esvaziamento de Reservatório.



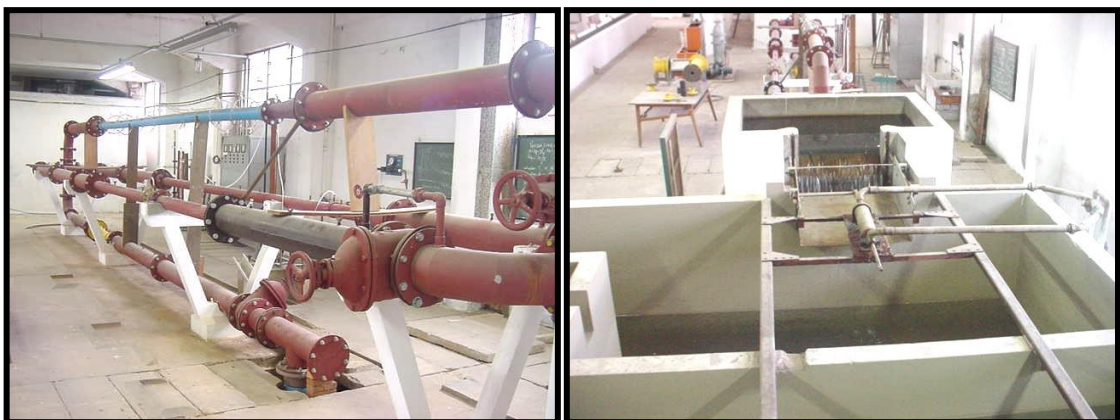
Fonte: Fotos tiradas pelo autor nas instalações do IPH/UFRGS.

Figura 4. Componentes do Experimento Velocidade em Canal.



Fonte: Fotos tiradas pelo autor nas instalações do IPH/UFRGS.

Figura 5. Componentes do Experimento Aferição de Venturi.



Fonte: Fotos tiradas pelo autor nas instalações do IPH/UFRGS.

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: F - Roteiro do Experimento Esvaziamento de Reservatório, G - Roteiro do Experimento Velocidades em Canal e H - Roteiro do Experimento Aferição de Venturi.

A turma participante da aula prática é dividida em 3 subgrupos, onde cada grupo executa uma das 3 práticas e, à medida que terminam cada experimento, trocam de posição. Desta maneira, os 3 subgrupos 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.

Figura 6. Alunos na aula experimental no laboratório de hidráulica.



Fonte: Fotos tiradas pelo autor nas instalações do IPH/UFRGS.

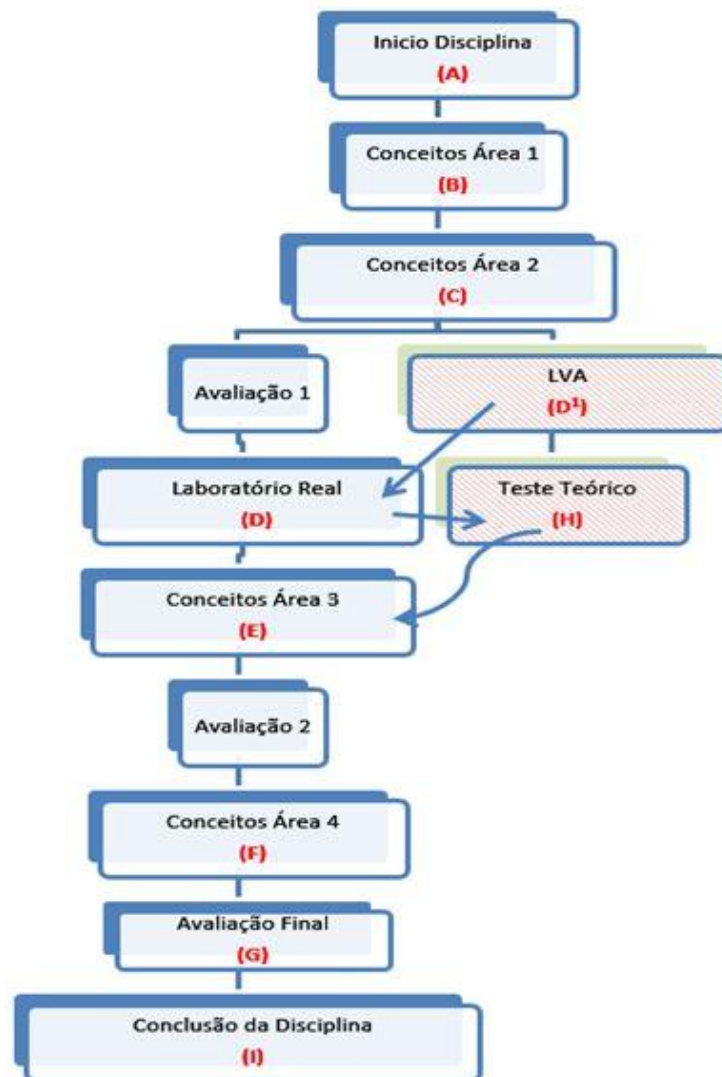
2.6 Contexto da trajetória de aprendizagem explorada

O LVA Hidrolândia, desenvolvido e aplicado sob a ótica da aprendizagem significativa, tem o propósito de funcionar como uma ferramenta para facilitar o entendimento desses fenômenos físicos abordados nas disciplinas de mecânica dos fluidos e hidráulica. A

proposta principal é oferecer uma trajetória de aprendizagem dos conceitos de mecânica dos fluidos que seja diferente em relação ao contexto tradicional da disciplina.

A figura 7 mostra a trajetória de aprendizagem tradicional da disciplina de mecânica dos fluidos, bem como as mudanças de trajeto que ocorreram com a incorporação pedagógica do LVA Hidrolândia.

Figura 7. Trajetória tradicional e com o uso do LVA na disciplina de mecânica dos fluidos.



Fonte. Elaborado pelo autor.

O LVA é utilizado como complemento das aulas práticas laboratoriais e compõe os mesmos experimentos oferecidos na prática real da disciplina na qual foi aplicada esta pesquisa. Cabe salientar que as aulas práticas no laboratório não abrangem todo o conteúdo da matéria da disciplina. Os alunos recebem todo o conhecimento teórico em sala de aula e, uma

vez atingida a totalidade dos conhecimentos teóricos dos conceitos e fenômenos estudados nas aulas práticas, os alunos podem aceder ao laboratório, que utiliza ou necessita do suporte teórico anteriormente recebido para o aluno poder entender os fenômenos que acontecerão no experimento prático.

O LVA, portanto, foi inserido pedagogicamente como um complemento da aula prática para aquelas turmas que participaram também da aula prática no laboratório real; nas turmas que não fizeram a aula prática no laboratório, o LVA foi a única experimentação simulada a que os alunos tiveram acesso, onde ambos resultados dos testes teóricos estão representados no capítulo 7.

Na trajetória tradicional da disciplina, os alunos percorrem o percurso de conhecimentos e vivências determinado pela sequência "A, B, C, D, H, E, F, G". Neste trajeto, há três avaliações: passa-se por diferentes áreas da mecânica dos fluidos e se trabalham diversos conceitos nas respectivas áreas de conteúdo. Uma vez que os alunos dominam os conceitos das áreas 1 e 2 (trajeto "B, C"), estes estão capacitados teoricamente para efetuar a prática laboratorial em um laboratório real.

Neste laboratório real de hidráulica realizam-se três experimentos, os quais utilizam a base teórica das etapas "B" e "C", sendo compostos por ensaios envolvendo velocidade em canal, esvaziamento de reservatório e aferição de tubo Venturi. Uma vez efetuada a prática laboratorial, os alunos continuam o trajeto pelas etapas "E" e "F", abordando os conceitos destas áreas e realizando uma avaliação após cada uma delas.

Na trajetória modificada, na qual se faz presente o uso do LVA, os alunos percorrem o percurso "A, B, C, D1, D, H, E, F,G", havendo a prática laboratorial real, mas também a prática com o laboratório virtual. Além disso, para esse estudo, também foi explorada uma trajetória alternativa, percorrendo os passos "A, B, C, D1, H, E, F,G", ou seja, sem a prática laboratorial real neste trajeto. Em ambos os casos, houve um teste teórico após o uso do LVA a fim de avaliar o conhecimento obtido na área específica de abrangência do laboratório, especificamente nos conteúdos comuns à matéria ministrada nas áreas 1 e 2 (Conceitos "B" e "C").

A intenção principal do estudo, ao propor estas duas trajetórias pedagógicas alternativas, foi medir se há diferenças significativas em termos de aprendizagem por parte dos alunos, quando comparadas com a trajetória convencional. Em outras palavras, procurou-se verificar se a trajetória "A, B, C, D¹, H, E, F, G", com o uso do LVA Hidrolândia, gera melhores resultados quando comparada com a trajetória tradicional "A, B, C, D, H, E, F, G".

3 LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

O uso de laboratórios é necessário para uma melhor compreensão das leis naturais, mas também para o desenvolvimento do pensamento crítico e a experimentação. No entanto, os pesquisadores têm marcado que o exercício prático em laboratórios apresenta algumas restrições. A educação a distância pode ser uma solução importante para este problema no contexto do ensino superior, tanto para as universidades convencionais, bem como para as instituições que proponham cursos na modalidade EAD. Modernas tecnologias de comunicação e informação oferecem novas oportunidades para desenvolver laboratórios virtuais e/ou laboratórios remotos, segundo Tetour (2011).

O uso de manipulações de objetos virtuais surgiu, inicialmente, como uma necessidade de complementar manipulações físicas, as quais tinham uma série de deficiências no contexto da experimentação das ciências na escola (VAN JOOLINGEN; ZACHARIA, 2009). Estas manipulações virtuais também visavam proporcionar a exposição eficaz à experimentação, sistematizando o processo de desenvolvimento de habilidades.

Segundo Ray (2012), laboratórios virtuais são plataformas onde os alunos podem ter a experimentação prática sem qualquer envolvimento físico direto sobre o trabalho real. As possibilidades constituem-se pelo uso de simulações computadorizadas, modelos, vídeos, animações e outras tecnologias de ensino para criar um conteúdo interativo.

Os recentes desenvolvimentos de instrumentos em tecnologias virtuais, medição remota, sistemas distribuídos e ambientes educativos interativos mudaram muito a abordagem tradicional de ensino e a experimentação prática em qualquer nível educacional, desde escolas de ensino técnico ou médio a cursos acadêmicos de graduação (TOMIC, 2012).

Para Haddissh (2012), há várias motivações por trás do desenvolvimento de novos tipos de educação virtual. Primeiro, a educação virtual permite fazer quase tudo o que pode fazer na vida real, em um meio mais seguro e de maneira mais eficiente. Em segundo lugar, é mais barato e rápido para projetar e implementar um laboratório virtual. Terceiro, podemos desenvolver exercícios que simplesmente não são possíveis em circunstâncias normais devido a preocupações orçamentais ou de segurança.

Das motivações, a preocupação mais imediata é o uso de laboratórios virtuais para equilibrar o aumento do número de estudantes que frequentam universidades. Os alunos que não têm a possibilidade de realizar uma prática laboratorial por algum motivo, como faltar no

dia do experimento, podem optar por realizar o experimento de maneira virtual. No entanto, laboratórios virtuais também podem ser usados em conjunto com laboratórios reais.

Um laboratório virtual é um modelo simulado de um laboratório real. Esse ambiente virtual não tem nenhuma das limitações enfrentadas nas salas de aula ou em laboratórios reais, oriundas de protocolos de segurança, tempo limitado ou acesso a recursos ou equipamentos provocados por restrições orçamentárias. Isto permite aos criadores desses laboratórios virtuais projetarem conteúdos programáticos dinâmicos, os quais combinam conceitos teóricos importantes e protocolos experimentais práticos que os usuários podem estudar e assimilar em seu próprio ritmo. Além disso, esses laboratórios são mais econômicos em sua configuração e manutenção quando comparados com laboratórios e salas de aula tradicionais.

Para Herádio et al. (2016), a experimentação laboratorial desempenha um papel essencial na engenharia e educação científica. Laboratórios virtuais e remotos reduzem custos associados com laboratórios convencionais devido aos menores custos com equipamentos, espaço e pessoal de manutenção necessário. Além disso, eles oferecem benefícios adicionais, tais como o apoio à aprendizagem à distância, melhorando a acessibilidade ao laboratório para pessoas portadoras de deficiência, e aumentando a segurança para a experimentação nos casos de práticas perigosas. Os laboratórios virtuais são também uma ferramenta ideal para permitir a preparação pré-laboratorial (ABDULWAHED, NAGY, 2011; DALGARNO et al. 2009), o que é essencial para melhorar a experiência de aprendizagem em laboratório por parte dos estudantes.

Laboratórios virtuais oferecem acesso a experiências científicas virtuais e eles são reconhecidos como pedagogicamente eficazes por aumentar o interesse dos alunos em ciência, bem como em melhorar a motivação dos estudantes e também seu engajamento nas atividades educacionais (ZERVAS 2014). Segundo Martinez (2011), laboratórios virtuais são definidos como "ambientes interativos para projetar e conduzir experimentos simulados", e estes podem fornecer uma série de benefícios para os alunos: (a) suplementos ou mesmo substitui trabalhos laboratoriais tradicionais; (b) apoio à aprendizagem autônoma, uma vez que os alunos podem usar eles e conduzir experimentos fora das fronteiras formais de ensino em sala de aula; e (c) oferece suporte a alunos com deficiência para realizar experimentos, quando não é possível para eles por estarem presentes num laboratório tradicional.

Os laboratórios virtuais aparecem como um complemento importante no processo de ensino que oferece uma boa formação para os graduados quando ingressam no mercado de trabalho. Os mesmos parecem ter um amplo domínio de aplicação nos últimos anos. Os laboratórios virtuais simulados por computador trazem resultados comparáveis com os

laboratórios físicos reais. Estes têm os principais benefícios da versatilidade e da flexibilidade. Além disso, eles oferecem a vantagem de baixo custo e segurança, visto que a maioria dos equipamentos passa a funcionar através de ferramentas do computador e sem potenciais danos que poderiam ser causados num laboratório real, por ser simulado em segurança (TANYILDIZI, 2009).

Em seus estudos, Martín (2012) cita que os laboratórios virtuais ou os remotos permitem a aquisição de habilidades práticas através da experimentação, inclusive no modo à distância. São laboratórios mais seguros, que não apresentam riscos, uma vez que não se trabalha com instrumentos reais, não exigindo sistemas de segurança, reservas de locais ou controle de acesso. Sua única desvantagem é que não podem prever com a mesma exatidão o rendimento e resultado dos ensaios, como ocorre com os instrumentos reais. Além disso, os laboratórios virtuais favorecem o envolvimento dos alunos em explorações e experimentações cujos resultados de saída dos experimentos virtuais podem ser acessados imediatamente (HENNESSY et al., 2007).

Zacharia (2011), em seu trabalho sobre manipulação física e virtual em experimentos, postula que a utilização da manipulação virtual ou VME - Virtual Manipulative Experimentation, ao contrário da utilização da manipulação física ou PME - Physical Manipulative Experimentation, pode fornecer algumas vantagens. Entre estas estão a portabilidade, a segurança, uma melhor relação custo-eficiência e a minimização de erros. Entretanto, destaca como ganho principal a possibilidade de amplificação ou redução de dimensões temporais e espaciais, permitindo a manipulação de objetos com a flexibilidade e a rapidez ideais para a observação dos fenômenos, com a correspondente captura de dados dinâmicos.

A natureza da manipulação pode ser tanto física quanto virtual, sendo que esta última não muda a essência do ensaio original, mas apenas facilita aos alunos o arranjo, a movimentação e o acionamento de dispositivos de maneira semelhante ao modelo físico (TRIONA; KLAHR, 2003).

Para Barros et al. (2008), o trabalho do laboratório é uma parte importante da educação e é essencial em cursos de engenharia, onde há uma necessidade premente para os alunos integrar a compreensão da teoria com a prática laboratorial em todo o ano acadêmico. Deve ser oferecida aos alunos a possibilidade de trabalhar em ambientes simulados, antes de realmente chegar ao laboratório físico. Esta preparação familiariza-os com os processos de raciocínio, de modo que, uma vez no laboratório, menos tempo precisa ser gasto na compreensão da natureza do trabalho experimental para ser feito.

Mas muitas vezes verifica-se que os alunos são estranhos uns aos outros; não sabem como trabalhar em grupos e são inexperientes nos desafios práticos de análise laboratorial, onde o tempo disponível pode revelar-se insuficiente para concluir o trabalho prático atribuído. Neste sentido, os pesquisadores fizeram algumas tentativas para ajudar os alunos com estas dificuldades, enviando documentação sobre as sessões de laboratório, para que eles pudessem se preparar com antecedência. Vemos aqui um atributo da aprendizagem significativa tratado nesta tese não sendo devidamente atingido – o atributo colaborativo.

Ao fazer uma nova abordagem que permita que os alunos realizem o trabalho prático num laboratório virtual com os colegas, o que é mais motivador do que fazê-lo sozinho, também permite que os alunos aprendam a colaborar. Ao estudante é dada a oportunidade de realizar experimentos em casa, em colaboração com um colega, sem qualquer pressão de tempo. Esta maneira de trabalho permite que os alunos reflitam e relacionem teoria à prática, que não é possível no laboratório físico por causa de limitações de tempo.

Numa fase preparatória, o foco está no desenvolvimento de habilidades de raciocínio crítico em um contexto experimental, tais como formulação de hipóteses, análise dos resultados experimentais e uso destes resultados para formular novas experiências. Finalmente, os alunos devem ser capazes, de forma colaborativa, de explicar seus resultados e justificar estas explicações. Segundo Barros et al. (2008), os resultados do seu trabalho mostraram que a adição de cenários laboratoriais virtuais que incluem simulações, tarefas colaborativas e períodos de incentivar a reflexão dos alunos melhoraram muito a aprendizagem do material experimental e permitiu aos alunos trabalhar de forma mais eficaz quando eles realmente vão para uma prática laboratorial real.

As análises quantitativas e qualitativas realizadas durante as pesquisas de Zacharia (2011) mostraram que o uso dos experimentos com manipulação virtual (VME) permite aos estudantes a compreensão de conceitos da física de maneira muito semelhante aos alunos que tiveram uma manipulação física de objetos (PME), desde que os experimentos tenham sido realizados em um contexto semelhante. Esta abordagem de contextos idênticos para os laboratórios reais e virtuais também foi utilizada no estudo descrito nesse artigo.

Do ponto de vista teórico, os defensores da manipulação virtual argumentam que a alegação de que a fisicalidade é um requisito para a aprendizagem não é fundamentada em nenhuma das principais teorias de aprendizagem, mesmo considerando-se aspectos construtivistas ou cognitivos. A teoria construtivista, por exemplo, enfatiza a importância do papel ativo dos alunos na sua própria aprendizagem, mas não enfatiza a necessidade de se utilizar manipulações físicas de objetos.

Já a teoria cognitiva, por sua vez, centra-se na premissa de que os alunos processam ativamente informações através da prática e experimentação que lide com uma habilidade em particular. Triona e Klahr (2003) comprovaram que essa experimentação é perfeitamente factível através do uso de modelos virtuais.

Schaf et al. (2009) desenvolveram um estudo de caso simples com o uso de LVAs do tipo de controle de circuito fechado em experiências remotas, descrevendo os resultados práticos desta aplicação em ambientes em educação de engenheiros de controle e automação. Neste estudo, na área de sistemas de controle, a motivação dos alunos foi comparada entre um semestre convencional e outro, utilizando a metodologia "blended learning", isto é, em um misto de ensaios reais e virtuais. O resultado foi que a taxa de aprovação dos alunos aumentou consideravelmente, chegando a 90%, o que representou um acréscimo de 23% sobre a aprovação no semestre anterior, apenas com aulas tradicionais.

Tatli e Ayas (2010) citam que, inicialmente, os laboratórios virtuais foram usados para validar o conhecimento teórico, mas, ultimamente, transformaram-se em ambientes onde os alunos descobrem livremente o conhecimento de maneira individual ou em grupo. Nesse sentido, os laboratórios virtuais emergiram como uma solução alternativa para os problemas da instrução aplicada. Segundo os autores, a revisão da literatura mostra que o uso de LVA com base na abordagem de aprendizagem construtivista está aumentando muito, principalmente na escola secundária e em nível universitário.

Tatli e Ayas (2010) citam como resultados dos seus estudos que os efeitos de aplicações virtuais não são os mesmos para todos os estudantes. Em algumas das aplicações dos laboratórios virtuais os alunos participantes disseram que estas são muito eficazes e úteis, enquanto outros afirmam que não. Neste último caso, diziam que os laboratórios físicos eram melhores do que os virtuais porque nestes últimos não há sensações como tocar ou cheirar.

Em contrapartida, Tatli e Ayas (2010) notaram que os alunos que participaram de aplicações virtuais são melhores em relatar o processo experimental quando comparados com estudantes de grupos de controle, participantes de aplicações em laboratório físicos. Outras características dos laboratórios virtuais que os alunos referenciaram é que eles gostam porque são visualmente mais atraentes, permitindo a repetição de demonstrações que não entenderam ou como revisão para os exames ou provas. Também o pesquisador Zervas (2015) cita que laboratórios virtuais e laboratórios remotos têm sido atribuídos com um maior nível de eficácia, aumentando o interesse dos alunos em ciência e seu envolvimento em atividades de aprendizagem relacionadas, em comparação com laboratórios tradicionais.

Os estudos de Zhao (2014) mostram que os laboratórios virtuais desempenham um papel importante na melhoria da educação experimental tradicional, citando que os EUA são o líder na exploração de laboratórios virtuais. Em seus estudos o pesquisador cita alguns problemas com os laboratórios físicos, o que faz aumentar o crescimento pelo uso de laboratórios virtuais: (1) laboratórios físicos têm poucos equipamentos e espaço para a realização de experiências; (2) há pouco tempo para experimentos na agenda dos alunos, já que estes estão ocupados em disciplinas que envolvem teoria; (3) a quantidade de professores nos laboratórios não é o suficiente para oferecer treinamento de pequenos grupos, fazendo com que equipamento e o método de ensino na maioria das faculdades não sejam capazes para os alunos aprenderem.

Sob o ponto de vista do uso de recursos, nota-se que os laboratórios virtuais têm um custo mais baixo do que um laboratório real, sem desperdiçar qualquer material, além de serem seguros na operação de instrumentos. Uma das vantagens destacadas por alunos usuários de simulações foi a de que há muito pouca ou nenhuma perda de tempo para preparação e execução de experiências nos laboratórios virtuais, quando comparados com as mesmas experiências em laboratórios físicos. Isto ocorre porque os estudantes que fazem experimentos em LVA focam no processo experimental, e não sobre os equipamentos e ferramentas, como é o caso dos laboratórios físicos. Como consequência, acompanham o processo mais de perto e, ao mesmo tempo, divertem-se aprendendo (TATLI; AYAS, 2010).

O reconhecimento destas vantagens tem feito com que governos como o da Índia, através do Ministério do Desenvolvimento de Recursos Humanos (MHRD), tenham optado por incentivar o desenvolvimento de laboratórios virtuais. Neste caso específico, há um projeto chamado "Missão Nacional de Educação através das TIC (NMEICT)", no qual uma das iniciativas é destinada a utilizar laboratórios virtuais na educação. Estes laboratórios devem fornecer uma plataforma para os alunos realizarem experimentos em ambientes virtuais, reforçando o desenvolvimento de suas competências (SHEOREY, 2014).

Nas pesquisas realizadas por Sheorey (2014) nesse projeto, os estudantes permanecem muito engajados na aprendizagem através do uso de laboratórios virtuais. O número de solicitações para o desenvolvimento dos experimentos em LVA aumentou consideravelmente, sendo que estes proporcionam um melhor ambiente de aprendizagem conceitual, de forma mais produtiva. Baseado em considerações verbais e avaliações posteriores dos alunos, o estudo apontou muitas questões, as quais, se não forem consideradas no processo de desenvolvimento, podem resultar em laboratórios virtuais que não alcancem uma eficácia educacional.

Sheorey (2014) salienta que um LVA devidamente projetado, com metodologias de demonstração e estratégias de avaliação adequadas, pode substituir a experimentação num laboratório real. Seu principal benefício é uma maior compreensão conceitual a partir da experiência de aplicação. No entanto, o conceito de laboratório virtual ainda é novo e mais pesquisas devem acontecer para projetar o método de apresentação de conteúdos e de avaliação da aprendizagem com base em ensaios e *feedback* de campo.

Para Al-Zahrani (2010), é importante notar que o objetivo de laboratórios virtuais, com foco em metrologia, é o de fornecer maior apoio educacional e de formação para os alunos, em complemento ao ensino tradicional. O autor conclui que esta ferramenta é muito eficaz para aumentar a eficiência da aprendizagem e da formação, sugerindo que, em uma universidade tradicional, os laboratórios virtuais podem melhorar o currículo de engenharia de uma forma a estabelecer uma conexão oportuna entre teoria e prática.

O uso de laboratórios de aprendizagem tem se tornado mais frequente e essencial em atividades educacionais. Essa estratégia consolida-se entre os educadores por proporcionar um espaço onde os estudantes podem experimentar diversas situações úteis ao seu desenvolvimento. Assim, aprender fazendo é uma expressão que se revela em atividades laboratoriais e se fortalece através da Teoria Construtivista por considerar que o conhecimento deve ser construído pelo aprendiz através da interação com o objeto e não tão somente transmitido pelo professor.

Um Laboratório de Aprendizagem tem como objetivo principal complementar a construção do conhecimento do estudante, por meio do reconhecimento explícito dos processos envolvidos na atividade de ensino (CORRÊA et al.2001) tanto que não apenas na área de ciências verifica-se o uso de laboratório; ele vem alcançando expressivo destaque em áreas como psicologia, educação, artes, linguística, publicidade, ciências exatas, entre outras.

A utilização de LVA no ensino de ciências como matemática, física, química, biologia e informática, entre outras, é ainda incipiente no Brasil, mas tende a apresentar expansão nos próximos anos, porque ele fornece recursos de simulação importantes para a análise de fenômenos e conceitos teórico-práticos objetos de estudo dessas ciências. Num futuro próximo, porém, entende-se que o uso de LVA tende a intensificar-se fortemente, por várias razões:

- forte vínculo com três dos quatro campos da ciência da informação – a ciência da computação, a ciência cognitiva (incluindo inteligência artificial) e a comunicação, todos com seus estudos e pesquisas em expansão.

- porque eles são uma alternativa mais econômica à construção de laboratórios reais, mesmo que seu sentido seja complementá-los e não substituí-los.
- porque seu desenvolvimento baseia-se muitas vezes em conceitos de realidade virtual e em softwares cada vez mais diversificados, poderosos e com custo menor.
- porque, nos últimos anos, paralelamente ao desenvolvimento dos aplicativos de LVA, têm surgido aplicativos e ambientes para aprendizagem colaborativa, e a convergência de esforços em se obterem soluções de LVA e de ambientes virtuais colaborativos de aprendizagem potencializando o uso e os benefícios de ambas.

Por meio do uso de um LVA, pode-se simular a realização de experimentos em todas as suas etapas, como manipulação, controle e modificação de seus parâmetros, cumprindo-se o recomendado pelo paradigma do “aprender fazendo” (*learning by doing*), um método de ensino essencial para melhor ensinar alunos e/ou manter profissionais atualizados. Em uma sociedade cada vez mais dependente da geração e da disseminação de conhecimentos científicos e tecnológicos, é uma consequência natural ter de aprender por meio da utilização dos próprios recursos tecnológicos. É importante lembrar que os LVA são preferíveis aos laboratórios reais nos casos em que:

- o processo de aprendizagem em ambientes reais possa colocar em risco a saúde e a segurança do aprendiz ou de outras pessoas;
- experimentos reais não possam ser realizados devido a limitações materiais, de tempo etc.;
- o custo de construção ou de manutenção do ambiente real seja proibitivo;
- o experimento desejado não possa ser realizado na prática porque ele significa o teste de uma hipótese existente somente em nível conceitual (ALEXIOU et al., 2002).

Já para Veljko et. al. (2016) existem diversas vantagens de um laboratório virtual sobre o físico, independentemente do laboratório virtual ser usado na web ou não.

- Benefício de otimizar recursos econômicos: O laboratório Virtual fornece uma forma cujo custo-benefício para escolas e universidades seja interessante ou mais vantajosa do que um laboratório real.

- Flexibilidade: Diferentes experimentos virtuais ou simulações envolvendo diferentes componentes podem ser facilmente criados.
- Acesso múltiplo: vários alunos podem usar o mesmo equipamento virtual ao mesmo tempo, caso o mesmo seja uma aplicação web.
- Alteração na configuração do sistema: é possível modificar os parâmetros que muitas vezes não podem ser alterados em um sistema real.
- Resistência a danos: Uma colisão no ambiente é permitida, por exemplo, uma sobrecarga, choques, curto circuito, quedas, etc. É permitido, também, abrindo assim a possibilidade de aprender com os erros, pois nada entrará em colapso no experimento já que poderemos recomeçar e testar novamente novas situações.
- Tornar o "invisível" visto: a maioria dos dispositivos reais de laboratório tem uma cobertura para proteger da poeira, proteger o usuário, etc.; na maioria dos casos, a tampa não pode ser removida, pelo menos, não facilmente. Com um dispositivo virtual, as tampas podem ser simplesmente removidas ou tornado transparente para revelar a estrutura interna, e desta maneira termos uma visão mais detalhada dos equipamentos.

Para Wang et al. (2015), os resultados de suas pesquisas mostraram que tanto laboratórios virtuais como laboratórios remotos foram mais eficazes no desenvolvimento dos alunos em habilidades de investigação científica, em comparação com o modelo de aprendizagem tradicional, especialmente nas dimensões de conhecimentos sobre processos, habilidades abrangentes do experimento, atitude na aprendizagem, habilidades de comunicação e habilidades de reflexão. Além disso, o grau de aceitação dos estudantes para os seis grandes módulos de aprendizagem do programa aplicado também mostrou que os estudantes tendem a aceitar o uso do processo mais abrangente e habilidades reflexivas do experimento virtual preferencialmente.

3.1 Simulações em LVA

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 se aplicar 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 têm 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 consequências, avaliando o comportamento deles/delas naquele ambiente. Numa simulação, os estudantes têm frequentemente 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 consequências caras ou irreversíveis, de modelos reais de alto custo.
- Os estudantes são emocionalmente mais envolvidos quando mergulham em uma experiência real do mundo. Simulações trazem experiências de aprendizagem efetivas porque eles servem como uma ponte do ambiente de aprendizagem para realidade.

Segundo Jaakkola et al. (2011), experiências de laboratório simulados podem proporcionar aos alunos com representações virtuais e representação de fenômenos concretos

que ocorrem naturalmente. Isso pode reduzir a carga cognitiva e promover uma mudança conceitual, enriquecendo e ampliando o uso de experiências virtuais. Em relação a esta mudança conceitual, tem havido uma série de estudos que demonstram que experimentos virtuais podem alcançar objetivos de aprendizagem, assim como as experimentações físicas podem. (KLAHR, TRIONA 2007; ZACHARIA et al.2008).

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, permitiu 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.

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. Além disso, em certas situações, as simulações substituem experimentos reais com grande vantagem (FOCKING, 1999). Esta modalidade destaca-se também pela grande utilidade para trabalhos em grupo, sobretudo para situações em que envolve a tomada de decisões.

Segundo Cardoso (1998), as simulações têm demonstrado serem 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, 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 revestem-se de um caráter de "jogo", fornecem uma recompensa pela realização de 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 ideias comuns é parecido ou reconhecido como física. Esta é uma situação que obviamente dificulta a aprendizagem, segundo Papert (1980).

3.2 Vantagens das simulações

Pode ser observada 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 Barbata (2000), os tópicos da matéria que foram reforçados através do uso de demonstrações feitas com auxílio de programas de simulação apresentaram desempenho melhor do que naqueles em que este recurso não foi utilizado. Como as simulações realizadas no LVA Hidrolândia desta pesquisa foram elaboradas com a utilização do software Adobe Flash Professional CC, cabe destacar que as simulações em Flash têm 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 se pode gerar animações autoexecutáveis, ou simplesmente para visualização via Internet, com a simples adição do “plugin” Flash da Adobe ao navegador ou browser de Internet do 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, 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, podem-se destacar os seguintes benefícios:

- reduzir as interferências cognitivas (ruído cognitivo) de maneira que os aprendizes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos;
- poder receber um retorno dos alunos para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos;
- fazer com que os aprendizes possam coletar uma grande quantidade de dados rapidamente;
- permitir aos aprendizes que possam gerar e testar hipóteses;
- motivar e envolver os aprendizes em tarefas interativas;
- envolver os aprendizes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica;
- apresentar uma versão simplificada da realidade pela simplificação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos;
- tornar conceitos abstratos mais concretos;
- reduzir a ambiguidade 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 aprendizes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos que não poderiam ser inferidos através da observação direta;
- acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual.

3.3 Tipos de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem

Segundo Diwakar (2013), os laboratórios de aprendizagem podem ser classificados em três tipos: desenvolvimento, pesquisa e ensino. O laboratório de desenvolvimento é um lugar onde os engenheiros desenham, desenvolvem e testam um novo produto. O laboratório de pesquisa é usado para obter um conhecimento mais aprofundado sobre o mundo. O terceiro tipo de laboratório é o de instrução ou laboratório educacional onde os estudantes de ciências e engenharia realizam experiências para aprender.

Em relação aos laboratórios de instrução que são o tema de estudo desta pesquisa, segundo Diwakar, eles estariam divididos em laboratórios reais e laboratórios virtuais. Os laboratórios de instrução podem ser classificados em quatro tipos principais dependendo da modalidade de realização de experiências. Eles são:

- Reais / proximais / laboratórios físicos;
- Os laboratórios virtuais com apenas animações ou simulações;
- Os laboratórios virtuais com hardware acionados por controle remoto;
- laboratórios virtuais colaborativos.

Os laboratórios apresentam-se em diferentes modalidades, promovendo situações de ensino e aprendizagem dentro de contextos educacionais específicos. Schmidt e Tarouco (2008) apontam três modelos de laboratórios, sendo eles: presenciais, remotos e virtuais. Os laboratórios presenciais consistem em espaços localizados na própria instituição de ensino, nos quais o aluno dispõe de artefatos para a realização de seus experimentos. Salienta-se que

nos laboratórios presenciais é comum o aluno estar acompanhado do professor e dos colegas de aula, havendo revezamento no uso do material, visto que a falta de recursos financeiros, muitas vezes, inviabiliza que cada aluno disponha de todo o conjunto de instrumentos e materiais necessários às suas experiências. Já nos laboratórios remotos, não é necessária a presença do aluno na instituição para que este possa realizar seus experimentos. Este tipo de ferramenta oferece ao aluno uma interface que lhe permite a manipulação à distância de instrumentos. Odeh (2014) aponta também a mesma divisão dos modelos de laboratórios com características semelhantes às de Schimidt e Tarouco (2008).

Há amplas evidências sobre o uso de plataformas de aprendizagem virtuais nas salas de aula ao longo da última década. Essas tecnologias de laboratórios virtuais têm mostrado fornecer novas opções como ferramentas educacionais eficazes para conferir oportunidades importantes do ponto de vista pedagógico para melhorar a qualidade do ensino e da alfabetização em ciências (KOREY, 2009).

Conforme discutem Callaghan et al. (2008) e Ramos-Paja et al. (2010), é importante salientar que os estudantes nem sempre dispõem de um acesso direto a laboratórios para realizar seus experimentos, embora seja muito importante que os mesmos desenvolvam atividades práticas para que se apropriem do conhecimento necessário a sua futura prática profissional.

Desse modo, dispor de um acesso remoto ao laboratório da instituição de ensino pode ser uma ótima opção para aqueles alunos que não têm condições de se deslocarem até o laboratório presencial. Nos LVA os alunos interagem com representações virtuais que reproduzem o ambiente de um laboratório real. Este tipo de aplicação é totalmente baseado em simulações, dispondo somente de representações computacionais da realidade.

Alguns exemplos de Laboratórios Virtuais são: Sloan Digital Sky Survey <http://www.sdss.org/>; SOAR (SOuthern Astrophysical Research <http://www.soartelescope.org/>); Projeto Arca <http://www.pgie.ufrgs.br/projetos/arca/>; Virtual Scanning Electron Microscope <http://www.virtualsem.com/>; Engineering Virtual Laboratory <http://www.jhu.edu/virtlab/virtlab.html>; Learn Genetics <http://learn.genetics.utah.edu/>; The Chemistry Collective <http://www.chemcollective.org/>; NVO (US National Virtual Observatory) <http://www.virtualobservatory.org/>; entre outros.

A possibilidade de experimentação prática nos laboratórios virtuais é um elemento essencial à eficácia destas plataformas, no que tange à sua função educacional. Dalgarno et al. (2009) confirmam esta constatação em sua pesquisa realizada com o uso de um laboratório virtual como meio de preparação dos estudantes para as sessões em laboratório real. Iowa

(1999) argumenta que o LVA não deve ser visto como um substituto do laboratório real, mas sim como uma ferramenta complementar capaz de gerar novas oportunidades em situações comumente dificultadas por questões financeiras, quando no contexto de uso dos laboratórios reais.

3.4 Laboratório de mecânica dos fluidos e hidráulica

O laboratório virtual de aprendizagem (LVA) Hidrolândia foi projetado com uma estrutura organizada de conteúdos, sendo contextualizado num campus universitário, além de fortemente inspirado no laboratório real de hidráulica do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. De forma análoga à figura do professor responsável pelo laboratório real, a Hidrolândia possui um agente pedagógico como "guia virtual" das ações dentro do campus. Este personagem, chamado de "Professor Hidro", é caracterizado como um engenheiro mirim (Figura 9), o qual estabelece relações dentro do contexto educacional desta hipermídia. Uma das funções do Professor Hidro é fazer um percurso mostrando a Hidrolândia através de um passeio virtual e oferecendo ajuda contextualizada. Este personagem virtual animado pertencente ao Hidrolândia foi registrado na Biblioteca Nacional sob o nº 620.851 – ANEXO D.

Como evoluções futuras, este agente pedagógico animado – Prof. Hidro vai ter um suporte com um banco de dados Mysql, contendo uma base informativa sobre mecânica dos fluidos e hidráulica, permitindo ser questionado com palavras-chave pelos alunos, obtendo respostas baseado na sua base de conhecimento armazenada no banco para fornecer ainda um auxílio melhor aos alunos.

Figura 8. Personagem pedagógica Prof. Hidro



Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente, quando o aluno introduz a mídia no leitor de cd/dvd, esta inicia automaticamente, entrando no campus virtual Hidrolândia. Esta é uma cidade virtual onde estão disponibilizados os prédios (estrutura organizacional de conteúdos) que contêm os materiais educacionais desenvolvidos. Com a finalidade de aumentar a realidade do ambiente, esta estrutura de campus virtual tem uma versão diurna e outra noturna, aparecendo conforme o horário do computador onde vá ser executado, ou seja, se o aluno executar a hipermídia durante o dia, irá aparecer uma versão do campus virtual de dia; caso contrário, aparecerá a versão noite. Esta configuração proporciona uma situação de interação aparentemente mais real em termos de ambiente virtual, estando ilustrada na Figura 10.

Figura 9. Campus virtual em versão dia e noite



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentro deste contexto de campus virtual é que o laboratório será representado, e num destes “prédios virtuais” terá acesso ao laboratório virtual de hidráulica, fazendo uma imersão neste contexto de ambiente laboratorial, como mostram as figuras 10 e 11.

Figura10. Laboratório virtual- experimentos em hidráulica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11. Etapas dos experimentos virtuais.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como se pode notar, a interface do Laboratório é amigável, sendo que a forma de utilizar o mesmo é explicada diretamente no ambiente de simulação. O Hidrolândia foi desenvolvido no Adobe Flash Professional CC, com uso de linguagem de programação Actionscript 3.0. Os controles e ajustes dos ensaios foram projetados para serem feitos de forma intuitiva, facilitando o uso por parte dos alunos. Toda a informação necessária para o uso do laboratório, bem como para interpretação dos resultados, é fornecida dentro do ambiente virtual. Partes das telas da interface do LVA estão apresentadas no anexo E.

Segundo Veljko et al. (2016), nas suas pesquisas com laboratórios virtuais e a fim de criticamente rever e avaliar os laboratórios virtuais, é preciso primeiro formular os critérios de avaliação. Os critérios devem seguir a partir de uma exigência crucial (óbvia ao criar um substituto virtual completo de um paradigma de laboratório físico), que é: na operação de um laboratório virtual o estudante deve se sentir como se ele estivesse trabalhando com dispositivos autênticos reais em um espaço autêntico real.

Neste sentido, o Anexo E mostra as telas da interface do LVA Hidrolândia e cenários virtuais, onde se pode constatar a semelhança visual entre o laboratório real do Instituto de Pesquisas Hidráulicas e o laboratório virtual Hidrolândia, sendo este talvez um dos motivos de grande aceitação por parte dos alunos, constatado pelas respostas do questionário de avaliação do LVA.

O LVA Hidrolândia é utilizado pelo professor e pelos alunos principalmente, existindo neste sentido dois processos: o de ensino e o de aprendizagem através do uso do LVA. Nesta pesquisa tão somente o processo de aprendizagem está sendo avaliado, através principalmente pelo desempenho dos alunos, não havendo uma avaliação específica do processo de ensino por parte dos professores, avaliando o nível de satisfação dos mesmos. Mesmo assim, no item 7.4 do capítulo 7, os professores manifestam sua opinião sobre o uso destas tecnologias educativas nas disciplinas de mecânica dos fluidos e hidráulica.

4 TRABALHOS CORRELATOS

4.1 Uso pedagógico de laboratórios virtuais de aprendizagem

Uma nova geração de aprendizes, imersos nas tecnologias que envolvem a utilização de mensagens de texto, hipertextos, videogames, *smartphones* e mídias sociais, vem surgindo a cada dia. Estes aprendizes possuem uma mentalidade e um estilo de aprendizagem diferente em relação às gerações anteriores, principalmente porque se sentem igualmente confortáveis aprendendo e interagindo, social e educacionalmente, tanto no mundo virtual como no real (KAPP; O'DRISCOLL, 2010).

Corroborando isto, Tibola (2014) cita que a geração deste milênio tem um contato intenso com dispositivos tecnológicos como *smartphone*, *tablet*, *notebook*, e estes são muitas vezes inseparáveis para eles. Por outro lado, o professor precisa compreender estas pessoas, hábitos, relações sociais, que tecnologias usam e o que os motiva e se engajar a eles. Assim, o professor pode se apropriar desses interesses para alcançar as metas pedagógicas.

Laboratórios virtuais, com diferentes tipos de simulações, têm um papel importante na educação em engenharia e no treinamento e capacitação nesta área. Embora o conceito não seja novo, há uma série de questões abertas que devem ser pesquisadas, resolvidas e devidamente implementadas de modo a estruturar pedagogicamente o uso desses recursos (STEFANOVIC, 2013).

Dormido (2003) traz uma importante proposta a todos os educadores:

Os educadores devem ter uma atitude aberta para novas tecnologias. Eles devem, de forma sensata, incorporar novos desenvolvimentos tecnológicos para evitar o risco de ensinar a estudantes de hoje, a forma de resolver os problemas de amanhã, com as ferramentas de ontem (p. 317).

Outras questões pedagógicas estão relacionadas com os objetivos: *design* e arquitetura eficaz para o uso de laboratórios remotos e laboratórios virtuais (BARRIOS et al., 2013). Nesse sentido, é necessário insistir sobre a importância de conceber uma abordagem pedagógica e uma infraestrutura técnica que permitam uma interação sinérgica destes elementos.

Karakasidis (2013), nas suas pesquisas em cursos de engenharia e ciências com laboratórios virtuais, constatou que os estudantes consideram na grande maioria que o laboratório virtual é tão bom do ponto de vista educacional como o laboratório físico. Também uma grande percentagem (87%) considera que a transferência para o formato

eletrônico dos componentes de laboratório é muito boa, enquanto 64% considera muito importante o fato de que os alunos podem avançar o laboratório em seu próprio ritmo.

Pyatt (2012), num estudo com alunos do segundo grau de química, investigou as dimensões de aprendizagem que ocorrem em laboratórios físicos e virtuais. Este estudo foi realizado durante um período de dois anos e utilizou um desenho cruzado experimental que consistiu de dois ensaios separados de investigação laboratorial. Dados de avaliação e dados comportamentais foram recolhidos e analisados para medir o valor de instrução de experiências de laboratórios físicos e virtuais em termos de desempenho e as atitudes dos alunos.

No primeiro teste não houve diferenças significativas entre os escores médios de avaliação para o laboratório virtual e grupos de laboratório físicos. Num segundo teste, os resultados mostram que as notas de avaliação para o controle do grupo de alunos do laboratório físico foram significativamente menores do que as notas de avaliação médios para o grupo de alunos do laboratório virtual. Os alunos mostraram atitudes positivas em relação às experiências físicas e virtuais e demonstraram uma preferência para experiências baseadas em indagações físicas ou virtuais. Os estudantes que realizaram os experimentos virtuais tiveram uma maior facilidade de utilização de equipamentos, bem como um grau mais elevado de abertura para o diálogo e questionamentos.

Mustafas e Haltas (2016) comentam que atualmente a modelagem de sistemas e simulações é essencial na engenharia, especialmente em sistemas de controle automático. Em muitas universidades, os currículos de graduação incluem sistemas e cursos de controle com modelagem dinâmica e simulações em seus currículos. O laboratório de controle virtual proposto (VCL) foi desenvolvido como uma ferramenta educacional para acompanhar o curso de sistemas de controle automatizado no Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica da Universidade Técnica de Karadeniz, na Turquia. As opiniões dos alunos mostraram resultados satisfatórios com a média 4 de um máximo de 5, nas questões apresentadas baseados no uso do VCL.

Para Villalba et al. (2008), os laboratórios virtuais são ferramentas educacionais eficazes para a formação de engenheiros de processo e de operadores de plantas industriais. Eles fornecem uma forma flexível e metódica para definir experiências de fácil utilização a serem executadas por um modelo matemático, permitindo que os usuários possam projetar e executar as suas próprias experiências simuladas. Como resultado, os usuários tornam-se participantes ativos em sua própria aprendizagem em processos, o que os motiva a aprender.

O mesmo autor destaca que os laboratórios virtuais são compostos de uma simulação do modelo matemático que descreve as propriedades relevantes do sistema; de uma interface de usuário interativa; e de uma narrativa, a qual fornece informações sobre o sistema e a utilização do laboratório virtual. Em alguns casos, o laboratório virtual destina-se a imitar, em tempo real, a resposta de uma planta fabril, permitindo ao utilizador efetuar decisões importantes do processo em execução.

Neste tipo de aplicação, o usuário tem permissão para executar ações interativas sobre o modelo, a qualquer momento durante a execução da simulação. O usuário também pode alterar o valor das entradas do modelo, parâmetros e variáveis de estado, percebendo, de imediato, como estas mudanças afetam o modelo dinâmico.

Segundo Ranjam (2013), no projeto de Laboratórios Virtuais que elaborou, chamado Virtual labs, para uso em mais de cem faculdades de engenharia em toda a Índia e entorno de 100.000 estudantes, os LVA fornecem vantagens de custo reduzido. Segundo o pesquisador, os laboratórios virtuais têm o potencial de atender a muito mais estudantes em oposição a um laboratório físico, além de ser mais rentável.

Laboratórios Virtuais fornecem a vantagem de custos menores devido aos seguintes motivos:

- Laboratórios Virtuais podem ser usados fora dos horários regulares de laboratório.
- Laboratórios Virtuais podem ser usados todos os dias, incluindo o fim de semana.

Com base no *feedback* da comunidade de usuários, ele pode destacar o verdadeiro impacto do projeto *Virtual Labs* da seguinte forma:

- Ele fornece acesso remoto a laboratórios de qualidade;
- Ele oferece um sistema completo de gerenciamento de aprendizagem em um lugar;
- Ele permite que os alunos aprendam em seu próprio ritmo, em um lugar e hora de sua escolha.

Pesquisas em educação de ciências têm demonstrado que as ideias e interpretações dos alunos com base em experiências diárias muitas vezes interferem com a aprendizagem dos modelos científicos introduzidos durante as aulas de ciências, afetando a capacidade dos alunos de assimilar ideias cientificamente corretas (ZACHARIA, 2007).

Em função disso, os pesquisadores têm se questionado seriamente se a aprendizagem no ensino de ciências, como a que vivenciamos através do uso de manipulações físicas, devem ser redefinidas e reestruturadas para incluir o uso de manipulações virtuais como os LVA (ZACHARIA et. al. 2008).

Na verdade, os laboratórios virtuais de aprendizagem têm provado ter um impacto positivo sobre os alunos, desenvolvendo habilidades, atitudes e compreensão conceitual (ZACHARIA, 2003; HSU, THOMAS, 2002; TAO, GUNSTONE, 1999; ZACHARIA, ANDERSON, 2003; HUPPERT, LAZAROWITZ, 2002; de JONG, NJOO, 1992).

Diwakar et. al. (2015) citam que LVAs têm a eficácia. Esta é a capacidade de produzir um resultado desejado em termos de experimentação. Estes pesquisadores indicam que existem vários estudos que relatam a eficácia dos laboratórios virtuais após a realização de estudos experimentais e pesquisas. Os estudos com LVA em alunos de engenharia em sistemas de controle e instrumentação mostram que a maioria dos estudantes percebe que laboratórios virtuais são mais atraentes e ajudam no desenvolvimento de objetivos de aprendizagem laboratorial. Os alunos, após a experimentação virtual, ficaram de maneira geral satisfeitos com o trabalho de laboratório e convencidos de que tais laboratórios podem promover habilidades e pensamentos melhor estruturados.

Para Macias et al. (2016), os laboratórios virtuais e simulações interativas são excelentes abordagens para treinar os alunos a compreender princípios técnicos, isto podendo ser útil em muitos campos do ensino de ciências e engenharia. O mesmo autor e seus pesquisadores usaram um laboratório virtual com alunos de mestrado em Biomassa para Geração de Energia. O objetivo desta ferramenta foi de ajudar os alunos a estudar, aprender e investigar por conta própria. O laboratório virtual é feito para complementar o treinamento de laboratório experimental, permitindo aos alunos preparar suas práticas experimentais antes de ir para o laboratório, e revê-las a qualquer momento depois.

Após o uso do laboratório virtual os pesquisadores utilizaram um questionário de satisfação entre os alunos de mestrado para avaliar a utilidade do LVA. Essa ferramenta foi avaliada positivamente, atingindo uma pontuação média de 6 em 7 pontos. Além disso, a eficiência de LVA no processo de aprendizagem mostrou uma contagem principal no exame final de 8 em cada 10 pontos.

Por último, mas não menos importante, a maioria dos alunos considerou que o LVA promoveu a aprendizagem e esforço pessoal, além de ser uma excelente ferramenta de preparação para experimentos reais. Estes pesquisadores citam como vantagens que o LVA fornece aos alunos as ferramentas necessárias para o desenvolvimento de experimentos

práticos em um ambiente virtual, com as principais vantagens da disponibilidade permanente do equipamento virtual e consumíveis para todos os alunos, e a segurança do aluno no ambiente virtual. Por outro lado, o LVA permite aos alunos acessar as ferramentas virtuais tantas vezes quanto necessário, sem as limitações de tempo e horário dos experimentos em laboratório real. Também citam que, usando o LVA, os alunos desempenham um papel ativo nas simulações, criando e alterando a configuração experimental, de acordo com as tarefas a serem resolvidas.

Numa pesquisa desenvolvida por Wolf (2010) com 29 alunos para medir alguns fatores comparativos entre um laboratório virtual, um *software* de simulação laboratorial e equipamentos laboratoriais, verificou que *software* de simulação laboratorial são mais fáceis de configurar, usar e gerenciar. Mas, por falta de realismo, e considerando que o realismo é provavelmente o mais importante qualidade de um laboratório quando se trata de aprendizagem dos alunos, as deficiências de *software* de simulação laboratorial são significativas, quando não são bem desenvolvidos – figura 8. Comparativamente, o laboratório virtual tem mais quesitos positivos na avaliação.

Figura 12. Comparação entre os tipos de laboratório usado na educação de redes de computadores.

**COMPARISON OF LABORATORY TYPES USED
IN COMPUTER NETWORKS EDUCATION**

	Hardware Lab	Software Lab	Virtual Lab
High realism	+	-	+
Ease of use	-	+	+
Low cost	-	+	+
Ease of maintenance	-	+	o

Fonte: Wolf (2010)

Stefanovic (2013) cita que o número de pesquisas que têm focado na avaliação da eficácia de laboratórios virtuais, baseadas na satisfação dos alunos, nos resultados ou mesmo no impacto educacional da aprendizagem, tem crescido. Segundo o autor, alguns problemas são recorrentes e devem ser tratados com atenção quando do desenvolvimento e uso de laboratórios virtuais. Alguns pontos a serem observados são:

- A eficácia dos laboratórios virtuais ou remotos. Uma questão muito importante é fornecer a comprovação de que os laboratórios remotos ou virtuais têm eficácia no cumprimento dos objetivos globais, contribuindo, de fato, para melhores resultados na aprendizagem. Uma análise comparativa de resultados com e sem laboratórios de ensino virtuais seria de grande relevância, sendo que esta abordagem foi adotada no estudo descrito nesta tese, obtendo resultados importantes.
- Eficácia da simulação versus acesso remoto a equipamentos reais. É necessário comparar também a eficácia dos laboratórios virtuais, com *software* de simulação, com laboratórios que controlam remotamente equipamentos de ensaio real.
- Inclusão do "ruído" nas simulações de laboratório virtual. Os laboratórios reais têm efeitos aleatórios e erros embutidos. Em laboratórios virtuais estes efeitos poderiam ser simulados usando rotinas programadas que emulem erros, simulando erros aleatórios ou sistemáticos ou, até mesmo, problemas com a calibração de instrumentos. Esta simulação da realidade poderia contribuir para aumentar a eficácia destes laboratórios. Neste caso específico desta pesquisa, o LVA Hidrolândia tem equações da mecânica dos fluidos nas quais foram incluídas um gerador de fatores aleatórios, o qual gera um pequeno erro, cuja forma nunca se repete nas simulações efetuadas.

Para Chiu (2015), no seu estudo com alunos da área de ciências, a pesquisadora investigou como combinar experiências físicas e virtuais em laboratórios de ciência simultaneamente e como experiências virtuais podem ajudar os alunos a construir ideias intuitivas e desenvolver explicações sobre os fenômenos físicos ocorridos no experimento. As descobertas sugerem que o experimento virtual Lab Quadro Gás, que ela utilizou, ajudou alunos do ensino médio a desenvolver uma compreensão geral do comportamento do experimento, evidenciado por um aumento significativo das notas do pré-teste para o pós-teste.

Diwakar (2013), em seus estudos com LVA com alunos de ensino secundário, verificou que do total de alunos 71% concordaram que eles compreenderam melhor os conceitos com o novo formato usando LVA, em comparação com o laboratório tradicional. 90% dos estudantes sentiram que este laboratório motivou-os a trabalhar em um laboratório e 67,5% perceberam que estes laboratórios são mais acessíveis como eles poderiam realizar

experimentos a partir de seus lares. No geral, cerca de 75% dos estudantes gostaram deste formato de laboratório virtual mais do que o tradicional e 100% deu um *feedback* que esses laboratórios devem ser disponibilizados em outros cursos também.

Pesquisas demonstram que os alunos muitas vezes esforçam-se para entender conceitos científicos difíceis, porque eles têm dificuldade em integrar explicações cientificamente normativas em sua base de conhecimento existente (ERICKSON, TIBERGHEN, 1985; JONES, CARTER, RUA, 2000), especialmente para tópicos que incluem níveis não observáveis, como as leis de gases e teoria cinética molecular. Nesta tese, que trata de laboratórios virtuais em mecânica dos fluidos e hidráulica, na prática laboratorial acontecem diversos fenômenos físicos não claramente observáveis que levam os alunos a ter dificuldade no entendimento dos fenômenos físicos que acontecem na prática laboratorial.

Num estudo efetuado por Salaheddin et al. (2015), num total de 30 estudantes de engenharia de Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Khadoori, efetuou-se uma comparação do uso de laboratórios físicos e virtuais sobre as percepções e respostas dos alunos. A análise dos resultados mostrou que os alunos acham que os laboratórios virtuais e/ou remotos são mais fáceis de usar. Com eles é mais fácil de entender o conceito da teoria, estão disponíveis o tempo suficiente para os estudantes familiarizem-se com o laboratório, satisfazem de uma maneira melhor para conhecer a teoria, sendo um ambiente seguro e sem riscos de qualquer tipo, possibilitando o progresso de novas habilidades, encorajando o trabalho de equipe e mostrando-se um lugar confortável para trabalhar.

Branovic et al. (2013) desenvolveram um laboratório virtual para os diferentes cursos introdutórios de computação, e nesta experiência os pesquisadores comprovaram a eficácia da aprendizagem colaborativa como uma prática educativa com o uso de laboratórios virtuais. Este tipo de uso ajudou na aquisição de habilidades cognitivas e de resolução de problemas de nível superior. Os LVA apresentam muitas vantagens em relação aos métodos tradicionais de ensino, embora não diretamente avaliáveis e mensuráveis.

Xu (2014) comenta que soluções de laboratórios reais existentes geralmente exigem um esforço significativo para construir: custo alto, dificuldades em configurar e manter, muitas vezes não suportam reconfiguração, flexibilidade e escalabilidade. Segundo o pesquisador, o sistema transcende os limites de tempo e espaço dos laboratórios tradicionais, e proporciona experiências que não só permitem horários flexíveis, mas também permitem aos alunos concentrar-se no conteúdo e não na criação do ambiente.

Nos seus estudos com 604 alunos de pós-graduação e 530 alunos de graduação, com LVA chamado V-lab, os resultados mostraram que os estudantes que usam V-Lab conseguiram melhores notas nos testes em comparação com os laboratórios tradicionais.

Tomic (2012), ao implementar um laboratório virtual de ensino em técnicas de estimativa de frequência, com baixo custo e seguro, verificou que houve uma motivação grande por parte dos alunos, incentivando a interação e a descoberta pela experimentação.

Segundo Farrokhnia e Esmailpour (2010), existem muitas vantagens evidentes para o uso de simulações baseadas em recursos computacionais. Laboratórios virtuais têm como grandes vantagens a portabilidade, a segurança, a relação custo versus eficiência, a minimização de erros, a amplificação ou a redução de dimensões temporais e espaciais, a flexibilidade, a rapidez e a exposição dinâmica dos dados. Em um estudo realizado por esses autores, com 100 alunos de graduação que utilizaram laboratórios virtuais de circuitos elétricos, foi possível concluir que se pode recomendar que os laboratórios virtuais substituam, de forma eficaz, o equipamento de laboratório real. Não se sugere que as simulações promovam aprendizagem conceitual de instalação e manipulação de equipamentos, mas que, se razoavelmente bem desenhadas, possam ser ferramentas úteis para uma variedade de contextos que podem promover a aprendizagem do aluno.

Os mesmos pesquisadores sugerem que o uso de LVA seja preconizado em apenas algumas condições citadas abaixo:

- um verdadeiro laboratório não estiver disponível, sendo muito caro ou muito intrincado;
- o ensaio a ser realizado seja perigoso;
- as técnicas que estão envolvidas sejam complexas demais para os alunos;
- existam limitações de tempo;
- quando a finalidade do trabalho de laboratório é para se familiarizar com o aspecto teórico do assunto e não para enfatizar seu aspecto prático.

Segundo Pati et. al. (2012), deve-se conectar o uso de LVA a objetivos de aprendizagem específicos. É importante haver uma ligação entre uma experiência de laboratório e os conceitos que se quer ensinar. Cada exercício de laboratório deve ter uma conexão clara com um objetivo específico, comportando-se como uma ferramenta de aprendizado individualizado.

Um laboratório virtual, acima de tudo, precisa ser uma ferramenta que motive os alunos para o trabalho adicional, a investigação e a busca por soluções. Os alunos devem ser motivados a ter um trabalho autônomo, por um lado, e, por outro, desenvolver um ambiente de colaboração de modo que possam compartilhar os resultados e cooperar com os seus colegas.

Lustigova e Novotina (2012) citam que cursos com aulas laboratoriais desempenham um papel crítico na educação de ciência e engenharia. Ainda há um desacordo entre os educadores de ciências e engenharia sobre se e que tipos de trabalho de laboratório mediados por tecnologia devem ser envolvidos para promover melhor a compreensão conceitual, habilidades de *design* e competências profissionais dos alunos.

Os investigadores investigaram quais aspectos das experiências em laboratório são mais importantes para os alunos e se aquelas características dos laboratórios têm uma relação do aprendiz com o conhecimento prévio. Eles indicam que, durante o trabalho de laboratório, os alunos também estão desenvolvendo habilidades de aprendizagem colaborativa, que são vitais para o sucesso de muitos empreendimentos ao longo da vida.

Há muitas razões porque tem havido relativamente poucas avaliações educacionais de laboratórios e talvez poucas publicações abordando isto: a mais recente indica que tecnologias são construídas por engenheiros e cientistas que costumam escrever sobre questões técnicas do projeto, em vez de questões de avaliação educacional e propostas pedagogicamente bem concebidas. A perspectiva construtivista também sugere que os alunos individuais podem melhor construir e reter o conhecimento como resultado do controle interativo que exercem sobre o aparelho de aquisição de dados em laboratórios virtuais ou remotos ou baseados em simulações. Ao contrário, de um laboratório tradicional, alguns alunos podem assumir um papel passivo na organização de atividades e coletando dados.

Frerich (2014) afirma que experiências de laboratório devem estar disponíveis para um grande número de estudantes no ensino da engenharia, especialmente em momentos em que o número de alunos é ainda mais crescente. Laboratórios virtuais e laboratórios remotos são ferramentas inovadoras usadas para melhorias no ensino, podendo ser usados como ferramentas inovadoras no fornecimento de experiências de laboratório, criando cenários os mais realistas possíveis.

Os engenheiros têm que resolver problemas na vida profissional e "fazer as coisas funcionarem"; portanto, a capacidade de transferência de conhecimentos teóricos para aplicações práticas é crucial. Normalmente, eles combinam conhecimentos teóricos com experiência prática em laboratórios, onde executam experimentos e analisam o

correspondente resultado; no entanto, em muitas situações a capacidade laboratorial é limitada.

Aí então, os laboratórios virtuais têm a grande vantagem de seus conceitos de segurança: onde toda a experiência é simulada, sem problemas com materiais perigosos. Segundo este pesquisador, a implementação de laboratórios virtuais deve promover a integração de experiências e aplicações práticas na educação em engenharia e, assim, melhorar métodos didáticos e pedagógicos.

Proporcionar experiências físicas e virtuais sequenciais tem-se mostrado promissor no sentido de ajudar os alunos a desenvolver a compreensão dos fenômenos (GIRE et al, 2010; ZACHARIA, 2007; ZACHARIA, OLYMPIOU, 2011); por exemplo, Olympiou e Zacharia (2012), numa comparação com estudantes que fazem experimentos com manipulações físicas, virtuais e físicos e virtuais para aprender óptica.

Estudantes que usam uma combinação de ambos os processos manipuláveis virtuais e físicos superaram os alunos usando manipulações físicas ou virtuais sozinho (ZACHARIA, 2007). Embora o efeito da ordem do tipo de manipulação nos resultados dos alunos seja relativamente misto (SMITH; PUNTAMBEKAR, 2010), a combinação de manipulações física e virtual tem sido mostrada como bem-sucedida e oferece maiores ganhos de aprendizagem do que abordagens isoladas (de JONG; LINN; ZACHARIA, 2013).

Além de combinações sequenciais, a pesquisa demonstra que os alunos podem usar materiais físicos e virtuais ao mesmo tempo para desenvolver visualizações sofisticadas da ciência. Por exemplo, os alunos, num contexto fora da escola, desenvolveram modelos físicos e virtuais concomitantemente com matérias como a biologia, química e física. Os estudantes usaram informações de modelos reais e virtuais para desenvolver uma compreensão mais profunda dos fenômenos (BLIKSTEIN et al., 2012).

Combinar abordagens físicas e virtuais tem oferecido benefícios para os alunos que estudam física dos gases. Por exemplo, Liu (2006), em suas pesquisas de ensino de nível médio, os alunos se envolveram sequencialmente em ambas as simulações moleculares baseados em laboratórios virtuais no computador e um experimento físico para aprender sobre as leis dos gases. Os resultados demonstraram que a combinação de um laboratório físico e laboratório virtual é melhor do que qualquer abordagem sozinha para desenvolver a compreensão conceitual das leis dos gases. Além disso, as evidências sugerem que as abordagens de realidade mista podem ajudar os alunos a se envolver em práticas científicas que contribuam para a compreensão dos fenômenos físicos dos gases.

Nickerson et. al. (2007) usaram vários instrumentos para medir a eficácia do uso de laboratórios virtuais, tal como levantamento de opinião dos alunos sobre sua aprendizagem e atitudes, o relatório sobre a prática laboratorial, testes de pré e pós-laboratório, assim como resultados de exames. Os testes pré-laboratoriais foram projetados principalmente para medir o nível de preparação dos alunos antes dos testes de laboratório e pós-laboratoriais foram concebidos para medir a aprendizagem resultante após o módulo de sessões de laboratório.

Diwakar et al. (2016) relatam estudos de caso com base na implantação de 20 laboratórios virtuais baseados na Web com mais de 170 experiências *on-line* em Biotecnologia e disciplinas de engenharia biomédica com conteúdo para o ensino de graduação e pós-graduação. Para estes pesquisadores, as aulas práticas em laboratório têm um papel vital tanto na engenharia como na educação científica em geral.

O custo financeiro para o desenvolvimento de instalações de experimentação físicas, dificuldades em manter o equipamento do laboratório e da falta de professores treinados foram os principais inconvenientes para muitas instituições em países em desenvolvimento como a Índia. Isto incentivou o desenvolvimento de laboratórios virtuais, e esta é uma realidade lamentavelmente vivida também no Brasil, em muitos centros de ensino.

No trabalho de Park et al. (2016), ferramentas de simulação em laboratórios virtuais para fins educativos foram desenvolvidas para melhorar a compreensão de estudantes universitários em cursos relacionados a comportamento estrutural do concreto. Como estudantes de graduação aprendem sobre a estrutura de concreto, eles geralmente atingem limites em relação à sua compreensão do comportamento em falhas nos materiais. O fornecimento de uma ferramenta de simulação realista, o "Virtual Concrete Structure Laboratory", para fins educacionais na engenharia, permite aos alunos obter uma visão virtual da experiência prática para aprender sobre a estrutura do concreto. O principal objetivo deste trabalho é mostrar a eficácia deste laboratório virtual no ensino de engenharia civil.

Diferentes tipos de testes de vigas foram realizados com o laboratório virtual e os resultados foram positivos como os pesquisadores esperavam. O programa de análise estrutural linear permitiu aos alunos compreender o comportamento elástico linear, comparando os resultados de uma solução analítica com os de análise numérica. O programa de análise de falhas de concreto permitiu aos alunos compreender o comportamento das fragilidades do concreto.

Dos 28 alunos que usaram o laboratório virtual, 20 manifestaram que foi útil (72%), 6 alunos manifestaram que foi pouco útil (21%) e 2 estudantes manifestaram que não foi útil (7%). No total, 93% dos alunos responderam que a parte de visualização do laboratório virtual

foi útil para melhorar a sua compreensão e, segundo os pesquisadores, a pesquisa mostra que a realização de uma experiência virtual é tão útil como uma experiência real para fins educacionais.

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento desta tese, foram usados como fundamentação teórica os constructos apresentados nesta seção. Nesta, o estudo da teoria da aprendizagem significativa justifica-se pela grande proximidade com o que acontece com o aprendizado na mecânica dos fluidos e hidráulica e em disciplinas pré-requisitos das mesmas, como Cálculo e Física.

Esta pesquisa tem um foco mais centrado na Aprendizagem significativa conforme enunciados do pesquisador David Jonnassen - falecido em 2012, pesquisador contemporâneo e focado no ensino com o uso de ferramentas cognitivas computacionais ou “mind tools”. Ele ocupou cátedras da Penn State University, da Universidade do Colorado, Denver; e da Universidade da Carolina do Norte, e era professor de tecnologias de aprendizagem e psicologia educacional da Universidade de Missouri desde 2000 até seu falecimento.

5.1 Aprendizagem Significativa

Aprendizagem significativa é o conceito cerne da teoria da aprendizagem de David Ausubel (1963), assim como a de David Jonassen (2000). Consiste em "um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não-litera) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo" (JONASSEN, 2000). Substantiva quer dizer não literal, não ao pé da letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA,1997). Este conhecimento especificamente relevante à nova aprendizagem foi denominado por Ausubel como subsunçor ou ideia-âncora. Em outras palavras ou de maneira mais simplificada, os novos conhecimentos adquiridos relacionam-se, necessariamente, com o conhecimento prévio que o aluno possui.

Ausubel (1963) refere-se ao conhecimento prévio como "conceito subsunçor" ou, de uma maneira simplificada, apenas como "subsunçor" ou “ideia âncora”. Os subsunçores são estruturas de conhecimento específico que podem ter uma variabilidade em termos de abrangência, sendo mais ou menos abrangentes de acordo com a frequência com que ocorre a aprendizagem significativa em conjunto com um determinado subsunçor, fazendo-se presentes com maior ou menor intensidade na medida em que o processo de aprendizagem é composto por atributos como autenticidade ou intencionalidade, segundo Moreira (2011).

A aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos. Neste processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA, 2011). Ou seja, os novos conhecimentos ancoram-se em conhecimentos pré-existentes e assim adquirem significados, sendo este um processo interativo e dinâmico, onde o próprio subsunçor pode-se modificar com os novos conhecimentos adquiridos.

Quando os aprendizes não dispõem de subsunçores adequados que lhes permitam atribuir significados aos novos conhecimentos, potencialmente pode-se usar organizadores prévios propostos por Ausubel. Organizadores prévios são materiais introdutórios, apresentados antes do material com o qual o professor pretende introduzir o novo conteúdo. Esses organizadores vão servir de “ponte” entre o que o aluno já sabe e o que ele deveria saber para poder aprender significativamente o novo conteúdo.

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração e generalidade em relação ao material de aprendizagem. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória ou aula anterior, ou também uma simulação; a condição é que preceda o material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este (MOREIRA, 2011). Portanto, os organizadores prévios podem ser utilizados para suprir a deficiência de subsunçores ou para mostrar a relacionalidade entre conhecimentos novos e conhecimentos já existentes ou subsunçores.

Segundo Moreira (2011), há dois tipos de organizadores prévios: o expositivo e o comparativo. Quando o conteúdo a ser abordado é completamente novo e o aluno não tem os subsunçores necessários para fazer ligações e ancoragens necessárias para aprender de maneira significativa, um organizador prévio do tipo expositivo, como um texto apresentado ao aluno ou uma aula prévia sobre os conteúdos, pode ajudar. Quando o material a ser introduzido na aula é relativamente familiar aos alunos, pode-se fazer uso de organizadores comparativos, que permitem fazer *links* comparativos e integrar os novos conhecimentos à estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 2011).

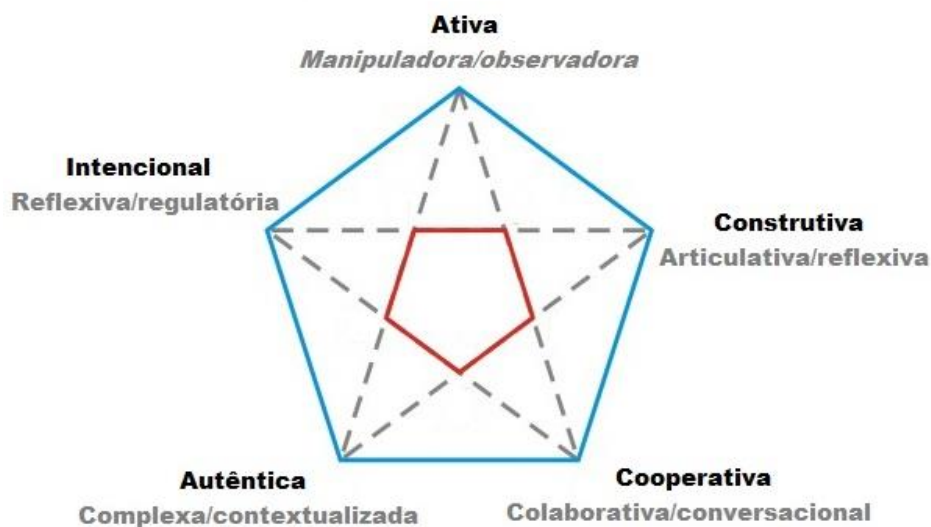
Levando em conta a questão dos subsunçores e os organizadores prévios, na falta destes, presumimos que o ensino com os preceitos da aprendizagem significativa deveria começar com os aspectos mais gerais, mais inclusivos, mais organizadores, do conteúdo e, progressivamente, diferenciando os mesmos, ou seja, estabelece organizadores prévios

primeiramente, ancorando ao conhecimento prévio, formando uma estrutura estável de conhecimento.

Os seres humanos são observadores por natureza, sendo que o conhecimento resulta do entendimento que se faz das interações com o meio ambiente. Não se pode separar o conhecimento sobre um fenômeno das interações com esse fenômeno (SAVERY; DUFFY, 1995). Os alunos interpretam as informações ao longo do percurso em que as experimentam, estando o conhecimento, portanto, ancorado nos contextos nos quais se aprende. A aprendizagem liga experiências relacionadas a conhecimentos anteriores ao uso do conhecimento no presente, desenvolvendo um processo racional para dar sentido a um novo fenômeno, ou seja, construindo novos significados.

De acordo com Jonassen (2000), a aprendizagem significativa ocorre quando o ambiente de ensino e aprendizagem, no qual o estudante está envolvido, favorece as condições apresentadas na Figura 13.

Figura 13. Atributos da Aprendizagem Significativa.



Fonte: Adaptado pelo autor.

Assim sendo, o planejamento e a implementação de um processo de ensino e aprendizagem devem levar em consideração esses aspectos. Um detalhamento do significado desses atributos é feito a seguir.

- **Aprendizagem Ativa (Manipulativa/Observadora):** Para Jonassen, o aprendizado resulta de experiências genuínas. Num contexto natural, para aprender sobre

alguma coisa, "as pessoas interagem com o seu ambiente e manipulam seus objetos, observando os efeitos dessas intervenções e construindo suas próprias interpretações do fenômeno e dos resultados da manipulação" (JONASSEN, 1996, p. 8). Desta maneira, um aprendizado real exige aprendizes ativos, sendo que o aluno deve estar envolvido numa tarefa significativa, onde manipule objetos e o ambiente onde está trabalhando. Ao fazê-lo, observa os resultados desta manipulação e tira conclusões sobre o resultado das suas interações, construindo novos significados, os quais podem funcionar como pré-requisitos para outros significados mais complexos.

- **Aprendizagem Construtiva (Articulativa/Reflexiva):** Para existir aprendizagem significativa, a ação é necessária, mas não é suficiente. "Os aprendizes devem refletir a respeito da sua atividade e de suas observações para aprender a lição que esta atividade tem para ensinar" (JONASSEN, 1996, p. 9). Os alunos constroem seu próprio significado para a experiência e, quanto maior for a reflexão sobre o processo e sobre o que aprenderam, maior será o entendimento e a capacidade de transferir o conhecimento construído.
- **Aprendizagem Cooperativa (Colaborativa/Conversacional):** As pessoas, de uma maneira geral, trabalham e vivem em comunidades. É muito comum e natural solicitarem ajuda para a execução de tarefas e para a resolução de todo tipo de problema, sendo uma atividade quase inata do ser humano o pedir ajuda e orientação, cooperando quando há necessidade. Para Jonassen (1996), os alunos "trabalham na construção da aprendizagem e do conhecimento, construindo comunidades, explorando as habilidades de cada um, enquanto fornecem apoio moral e colaboram entre si, observando as contribuições de cada membro" (JONASSEN, 1996, p. 73). A partir dessa premissa, os professores devem promover métodos colaborativos de aprendizagem, pois, desta forma, estariam alinhados a uma estratégia natural do comportamento humano.
- **Aprendizagem Autêntica (Complexa/Contextualizada):** Muitos educadores simplificam demais os conceitos a fim de transmiti-los mais facilmente aos alunos. Segundo Jonassen, isso é um erro, pois leva a supor que o mundo é simples e confiável quando, na verdade, os problemas do mundo real são complexos, mal estruturados e irregulares. Pesquisas têm mostrado que as ações de aprendizagem situadas em atividades do mundo real (problemas reais) ou simuladas em problemas com base no meio da aprendizagem são mais entendidas e também mais

consistentemente transferidas para novas situações (JONASSEN, 1996). É mais facilmente compreensível analisar o problema de maneira complexa e ir simplificando-o, vendo todo o desenvolvimento da simplificação, do que ver o problema resolvido e já simplificado.

- Aprendizagem Intencional (Reflexiva/Regulatória): De acordo com Jonassen, tudo o que fazemos tem a intenção de atingir um objetivo; uma meta. Quando os alunos ambicionam ativamente e propositalmente atingir uma meta cognitiva, eles pensam e aprendem mais. Isto ocorre porque estão satisfazendo uma intenção relacionada com seus objetivos. As tecnologias, portanto, precisam apoiar os alunos nesta aprendizagem intencional, na qual eles determinam seus próprios objetivos, regulam e gerenciam suas atividades.

Segundo Moreira (2011), para existir aprendizagem significativa precisa ter dois fatores imprescindíveis: o conhecimento prévio ou subsunçores sobre o que se vai aprender e, não menos importante, a existência de pré-disposição para aprender por parte do aprendiz. O objetivo do laboratório virtual é favorecer consideravelmente a aprendizagem construtiva (articulativa/reflexiva), instigando o aluno a interagir com os materiais pedagógicos elaborados (*mind tools*). Durante o processo de análise de um experimento simulado que apresente um conceito ou o funcionamento de um determinado dispositivo, o aluno estará relacionando esta nova situação com os conteúdos já existentes na sua estrutura cognitiva, de forma não arbitrária e substantiva.

Ao interagir com as simulações, alterando parâmetros como, por exemplo, o ângulo de abertura de uma comporta, os tempos de abertura de um reservatório ou, ainda, aumentando a vazão num canal, permite-se a observação dos efeitos dessas manipulações, incitando à reflexão. Ao observar e refletir sobre os diferentes resultados nos contextos apresentados, o aluno está se valendo destes para aperfeiçoar sua estrutura cognitiva, ampliando o número de conexões entre os conhecimentos envolvidos e criando relações entre eles de modo lógico e significativo. Progressivamente o subsunçor vai ficando mais estável, mais diferenciado, mais rico em significados, podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens.

Essas premissas são necessárias tanto em nível do processo quanto dos objetos de aprendizagem utilizados. Segundo Jonassen (2000), o uso de tecnologias de informação e comunicação ou, mais precisamente, o que ele chama de "mind tools" (ferramentas mentais), deve engajar os alunos numa aprendizagem significativa, onde estejam intencional e ativamente envolvidos, processando informações enquanto exercem tarefas autênticas. Com

isso, espera-se a construção de significados pessoais em relação ao fenômeno que os aprendizes estão explorando e manipulando, os quais possam ser coletivamente compartilhados.

Além disso, segundo Moreira (2011), são duas as condições necessárias para que aconteça a aprendizagem significativa: 1) que o material de aprendizagem, e neste caso o LVA, deva ser potencialmente significativo; e 2) que o aprendiz apresente uma pré-disposição para aprender. Isto implica que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva ideias âncora relevantes ou subsunçores, com as quais o material possa ser relacionado; o material didático tenha significado lógico e relacionável com os conceitos abordados; e, principalmente, que o aluno de fato atribua significados ao material pedagógico, ou seja, o LVA.

Estas variáveis foram devidamente respondidas na pesquisa, mostrando que os alunos dão significado ao LVA Hidrolândia e atuaram em consonância com os atributos da aprendizagem significativa segundo Jonassen (2000) e Moreira (2011).

6 MÉTODO DE PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A pesquisa adotada para esse estudo foi realizada através de uma abordagem mista, com vertentes quantitativas e qualitativas. Segundo Mattar (2001), uma pesquisa conclusiva tem ênfase na objetividade, com resultados quantificáveis. Nesse sentido, foram avaliadas as percepções dos alunos em relação ao uso do laboratório virtual, bem como o seu desempenho final na disciplina, quer na forma de conceitos quer na de notas de um teste de conhecimentos.

No que diz respeito à vertente qualitativa, esta foi utilizada de acordo com o proposto por Malhotra (2001), o qual explica que este tipo de abordagem preocupa-se com a profundidade do contexto pesquisado, tem ênfase na subjetividade e os dados não são mensuráveis. Com esse objetivo, foram descritas e analisadas as opiniões dos alunos em questões abertas que versavam sobre aspectos positivos e negativos do uso do laboratório virtual de aprendizagem. Em função do grande número de registros obtidos a partir das manifestações dos alunos nessas questões e da maior complexidade de análise para dados qualitativos, os resultados apresentados limitam-se aos aspectos quantitativos do estudo.

As técnicas de coleta de dados exploradas foram as pesquisas bibliográfica e documental, bem como o questionário. Segundo Malhotra (2001), a pesquisa bibliográfica serve para a revisão da literatura e construção do referencial teórico, tendo-se utilizado, principalmente, livros e artigos científicos. A pesquisa documental, por sua vez, foi fundamental para a obtenção dos resultados referentes ao desempenho dos alunos.

Foram fontes para essa pesquisa os registros acadêmicos levantados com autorização pelas respectivas comissões de carreira dos cursos de engenharia nas respectivas disciplinas, a partir dos quais se obtiveram os conceitos finais de cada aluno. Além disso, como documentos consultados, foram utilizados os testes de conhecimento aplicados nas referidas disciplinas.

O questionário, conforme a definição de Marconi e Lakatos (2008, p.86), "é um instrumento de coleta de dados constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador". Nesta pesquisa, foi adotado um questionário com 32 perguntas, estando apresentadas nos resultados somente aquelas do tipo de múltipla escolha.

Como técnicas de análise de dados, foi utilizada a análise estatística, com tabulação e estatística descritiva dos dados, seguida de uma análise de variância para os dados quantitativos e de independência (Chi-quadrada) para os dados qualitativos. Inicialmente, a fim de viabilizar uma Análise de Variância (ANOVA) sobre o desempenho dos alunos, o conceito final foi codificado para valores entre 0 e 10, conforme as regras adotadas pelos

professores das disciplinas. Assim sendo, ao conceito "A", por exemplo, foi associado o valor de 9,5, que é o ponto intermediário de uma média que fica na faixa de 9,0 a 10. Ao conceito "B" foi associado o valor de 8,5; ao conceito "C", o de 6,75; e ao conceito "D", o valor de 3,0. A reprovação por infrequência (F) teve um valor codificado como zero.

Após a conversão dos conceitos em notas, conforme os critérios descritos, procedeu-se a análise de variância para os desempenhos dos alunos, tendo-se adotado como fator de separação dos grupos o uso ou não do LVA. As análises foram realizadas de forma global (todos os alunos disponíveis), bem como para diferentes casos como: grupos separados por curso e ter sido ou não reprovado na disciplina anteriormente (1, 2 ou 3 vezes).

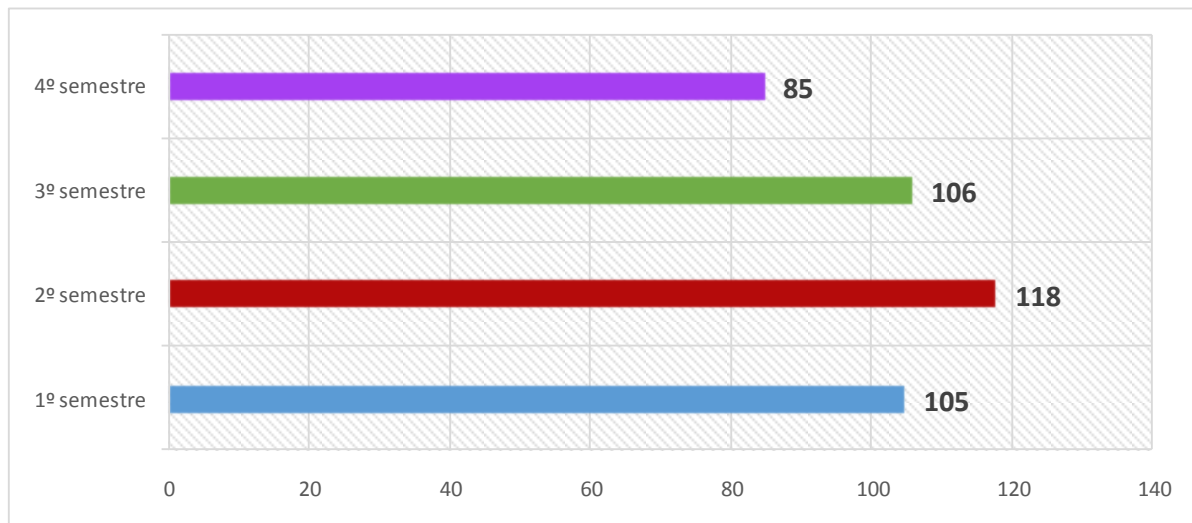
Utilizando-se os mesmos critérios de agrupamento, também foram analisados os resultados dos testes teóricos, comparando-se diretamente as notas dos alunos que usaram e que não usaram o LVA. Finalmente, a fim de verificar se a codificação dos conceitos foi adequada, foi feita uma análise comparativa entre o perfil (conceitos) dos alunos que utilizaram e que não utilizaram o LVA. Isto foi feito a partir de um teste de independência de perfis com a distribuição Chi-Quadrada. Todos os testes foram realizados utilizando-se o software Minitab, versão 17.1.0, com nível de significância de 5%.

No que diz respeito às unidades de estudo da pesquisa, o laboratório virtual de aprendizagem Hidrolândia foi utilizado em aula presencial nos cursos de Engenharia, em turmas de Mecânica dos Fluidos, coordenadas pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Sua aplicação ocorreu desde o segundo semestre de 2012 (2012/2) até o primeiro semestre de 2015 (2015/1), totalizando quatro semestres de aplicação.

A disciplina de Mecânica dos fluidos é uma disciplina que, na UFRGS, está programada para ser oferecida após a metade dos cursos de engenharia, sendo cursada entre o 6º e o 7º semestres. Nesta pesquisa, participaram 414 alunos, de 19 turmas, sendo que 158 fizeram uso do LVA (37%) e 261 não o utilizaram (63%). Em relação aos cursos dos alunos pesquisados, 363 pertenciam à Engenharia Civil (87,7%), 49 à Engenharia Ambiental (11,8%) e 2 à Engenharia de Produção (0,4%).

Em termos de relação com a disciplina, 62,6% dos alunos estavam cursando a disciplina pela primeira vez e 37,4% eram repetentes, sendo que os alunos avaliavam até o momento que o desempenho deles na disciplina era para 6,1% bom, para 68,7% médio ou regular e para 25,2% achavam que tinham um desempenho insuficiente. A estratificação da distribuição da participação, em relação à ordem semestral de quando foi cursado está ilustrada na Figura 14 (início em 2012/2 e fim em 2015/1).

Figura 14. Número de alunos participantes da pesquisa por semestre



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando foi feito o estudo com o uso do LVA, os alunos já tinham atingido mais da metade do semestre em curso, já tendo conhecimento teórico suficiente para a compreensão dos fenômenos abordados no laboratório real. Com isso, os alunos já haviam atingido os conhecimentos teóricos prévios para uma correta interpretação das aulas práticas e, da mesma forma, para o uso do laboratório virtual.

Após a aula prática no laboratório real de hidráulica, foram realizadas aulas teóricas durante as quais foi apresentado o Laboratório Virtual, explicando suas funcionalidades e concepção, a abordagem pedagógica que norteia o Hidrolândia. Neste momento, permitiu-se aos alunos a exploração individual e em grupo, havendo uma interação com as ferramentas do laboratório virtual e permitindo a troca de experiências e interação. Ao final da aula, foi entregue uma mídia individual com o laboratório virtual, de modo que o aluno pudesse experimentá-lo também em casa.

Uma semana após as aulas com o LVA Hidrolândia, os alunos participaram de uma pesquisa, respondendo a um questionário com 32 questões para avaliar a percepção dos alunos diante de diversos fatores deste novo objeto de aprendizagem. 131 alunos retornaram o questionário de avaliação devidamente respondido. Além disso, no fechamento da unidade de conteúdo daquela área específica, os alunos realizaram um teste teórico com 12 questões a fim de verificar o nível de compreensão da matéria com e sem o uso do LVA.

Dos alunos que participaram do teste e entregaram o questionário, 62,6% estavam cursando a disciplina pela primeira vez e 37,4% estavam repetindo. Até aquele momento, na

auto avaliação do desempenho da disciplina foi considerado "Bom" por 6,1% dos entrevistados, "Médio a Regular" por 68,7% e "Insuficiente" por 25,2% dos alunos.

6.1 Aspectos qualitativos da pesquisa

Um dos objetivos deste estudo foi verificar se os alunos estavam engajados num processo de aprendizagem significativa, conforme os atributos descritos na figura 13. O questionário estruturado possuía perguntas que estavam diretamente relacionadas com esses fundamentos, sendo apresentadas a seguir as respostas obtidas nas questões, bem como os atributos descritos por Jonassen (1999) associados a cada uma delas.

Quadro 3. Detecção de atributos cooperativos

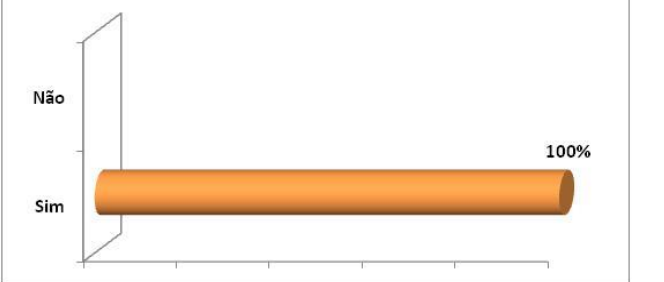
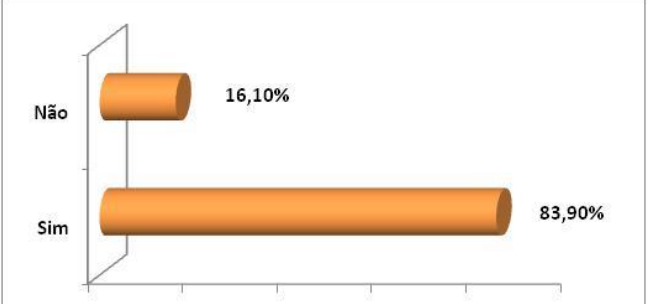
Atributo	Questão	Resultado								
Aprendizagem Cooperativa	A utilização deste tipo de recursos possibilitou a oportunidade para discussão da prática em algum grau?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Demasiado</td> <td>21,40%</td> </tr> <tr> <td>Quantidade certa</td> <td>74,00%</td> </tr> <tr> <td>Insuficiente</td> <td>4,60%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Demasiado	21,40%	Quantidade certa	74,00%	Insuficiente	4,60%
	Resposta	Porcentagem								
Demasiado	21,40%									
Quantidade certa	74,00%									
Insuficiente	4,60%									
	Você acha que o LVA proporciona ou pode aumentar a aprendizagem cooperativa entre os alunos, ampliando a cooperação e a troca de informações e experiências, permitindo uma análise em grupo?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Não</td> <td>12,20%</td> </tr> <tr> <td>Sim</td> <td>87,80%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Não	12,20%	Sim	87,80%		
Resposta	Porcentagem									
Não	12,20%									
Sim	87,80%									

Fonte: Elaborado pelo autor.

No quadro 3 estão apresentados os resultados de duas questões ligadas aos aspectos cooperativos do processo de aprendizagem. Como se pode notar, a grande maioria dos alunos considerou que a prática incentiva o processo de discussão, isto é, não tem conceitos e resultados tão fechados a ponto de não permitir outras interpretações. Além disso, a experiência oportuniza a troca de informações de maneira grupal, gerando cooperação e compartilhando análises.

O quadro 4, a seguir, apresenta os resultados relativos aos atributos de aprendizagem ativa, com suas questões e respectivos resultados.

Quadro 4. Detecção de atributos ativos

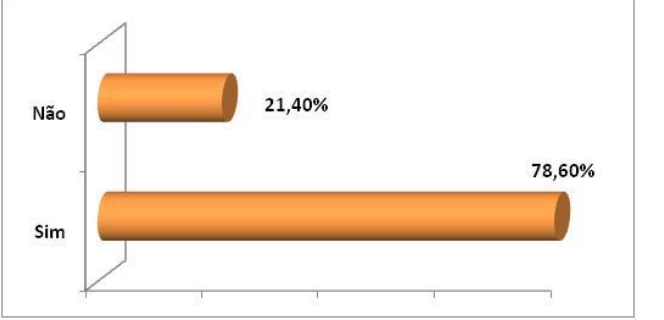
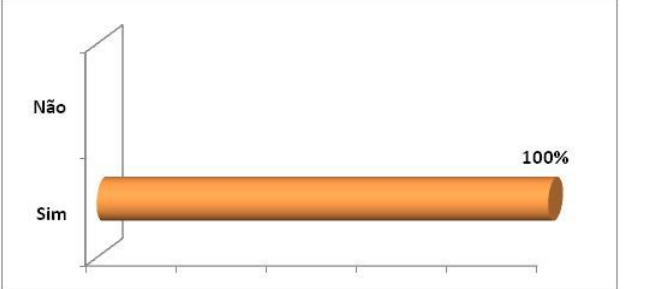
Atributo	Questão	Resultado						
Aprendizagem Ativa	A utilização do LVA permite a manipulação de objetos de aprendizagem virtuais, proporcionando experiências à semelhança da prática real, e permitindo observar os efeitos das interações efetuadas?	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Não</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Sim</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Não	0%	Sim	100%
	Resposta	Porcentagem						
Não	0%							
Sim	100%							
Você interagiu no LVA de maneira ativa, focado no experimento que estava fazendo, observando os resultados desta manipulação?	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Não</td> <td>16,10%</td> </tr> <tr> <td>Sim</td> <td>83,90%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Não	16,10%	Sim	83,90%	
Resposta	Porcentagem							
Não	16,10%							
Sim	83,90%							

Fonte: Elaborado pelo autor.

De modo semelhante à situação anterior, também no que diz respeito aos aspectos de aprendizagem ativa, o uso do LVA foi amplamente aceito e reconhecido pelos estudantes. Todos os entrevistados consideraram que a simulação é semelhante à prática, sendo conveniente lembrar que estes alunos já haviam utilizado um laboratório real de hidráulica antes da experiência com o Hidrolândia. Além disso, cerca de 84% dos alunos consideraram que a forma de uso do LVA foi interativa, isto é, permitia a ação do aluno sobre o objeto de aprendizagem e a observação dos resultados associados a essa ação.

Os resultados de duas questões, uma ligada ao aspecto construtivista e outra à aprendizagem autêntica, estão apresentados no quadro 5.

Quadro 5. Detecção de atributos construtivos e de aprendizagem autêntica

Atributo	Questão	Resultado						
Aprendizagem Construtiva	Você refletiu sobre as atividades que executou no LVA?	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Não</td> <td>21,40%</td> </tr> <tr> <td>Sim</td> <td>78,60%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Não	21,40%	Sim	78,60%
Resposta	Porcentagem							
Não	21,40%							
Sim	78,60%							
Aprendizagem Autêntica	Você acha que o LVA tem uma semelhança significativa com o modelo real dos experimentos?	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Não</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Sim</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Não	0%	Sim	100%
Resposta	Porcentagem							
Não	0%							
Sim	100%							

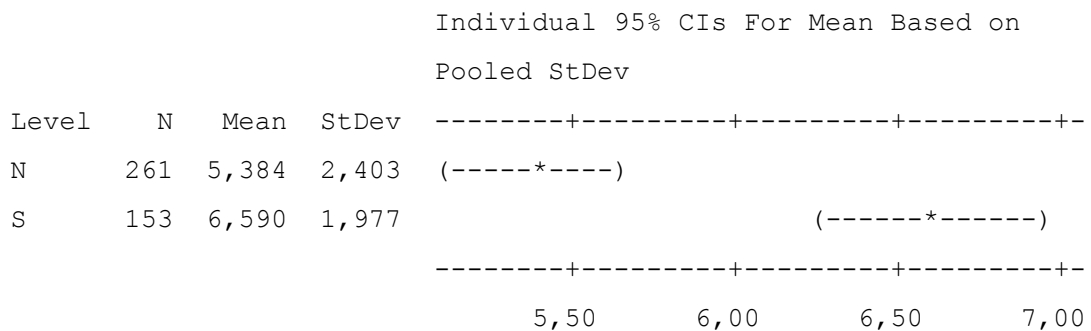
Fonte: Elaborado pelo autor.

Como se pode notar, todos os alunos consideraram que a simulação tem semelhança com os experimentos reais, previamente realizados pelo grupo. Isto confirma que o laboratório virtual desenvolvido tem significativa identidade com fenômenos reais, dando maior significado aos ensaios realizados pelos alunos. Além disso, a maioria dos alunos (78,6%) manifestou que as atividades realizadas no LVA foram geradoras de reflexões sobre o tema trabalhado, processo base da aprendizagem construtivista.

6.2 Aspectos quantitativos da pesquisa

A primeira avaliação a que se procedeu sobre os dados disponibilizados foi a partir da comparação dos conceitos codificados, conforme descrito no item da metodologia de pesquisa do trabalho. Neste teste, compararam-se os conceitos codificados obtidos pelos alunos que utilizaram o LVA versus os que não utilizaram e que faziam a disciplina de mecânica dos fluidos pela primeira vez. O resultado está apresentado na figura 15, a seguir:

Figura 15. Comparação do desempenho (conceito codificado) dos alunos de mecânica dos fluídos com (S) e sem (N) LVA

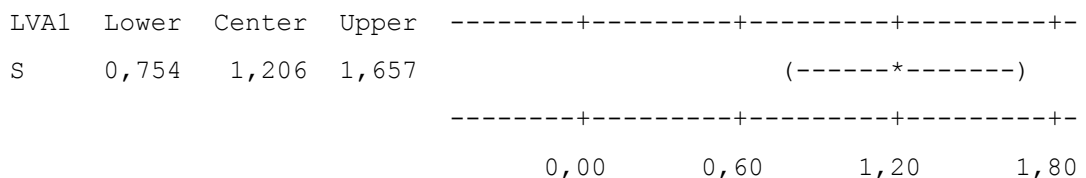


Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

De acordo com a figura, a nota média dos alunos que utilizaram (S) o LVA foi significativamente superior aos que não utilizaram (N). A estatística de teste do ensaio anterior resultou em um F de Fischer de 27,57 e um valor p menor que 0,1%.

O intervalo de confiança da diferença entre as médias foi estimado a partir de um teste de Tukey, com 95% de confiança, resultando no intervalo apresentado na figura 16, a seguir:

Figura 16. Intervalo de confiança da diferença entre as notas dos alunos, com e sem LVA.

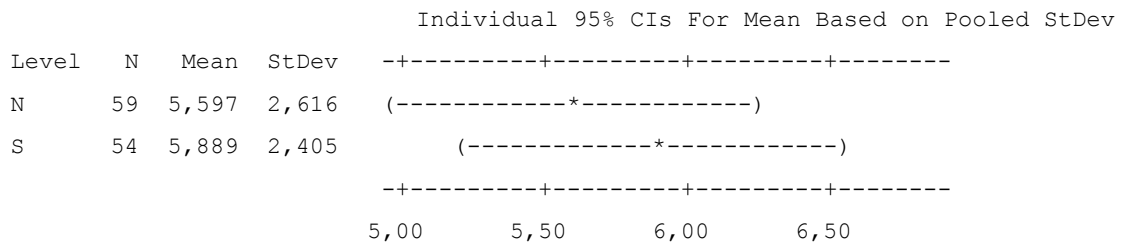


Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

Assim, pode-se notar que o desempenho dos alunos que utilizaram o LVAH foi de cerca de 1,2 pontos acima dos que não se valeram desse recurso. De acordo com a codificação adotada, esse valor é suficiente, por exemplo, para elevar um conceito "B" para o patamar de um conceito "A".

Os testes anteriores também foram realizados com alunos que frequentavam a disciplina pela segunda, terceira e quarta vez. Como o número de alunos nessas condições era muito menor do que os que frequentam a disciplina pela primeira vez, os resultados tiveram intervalos de confiança muito amplos, os quais não permitiram conclusões diretas sobre a efetividade de uso do LVA. Por exemplo, os resultados comparativos para os alunos que frequentaram a disciplina pela segunda vez estão apresentados na figura 17.

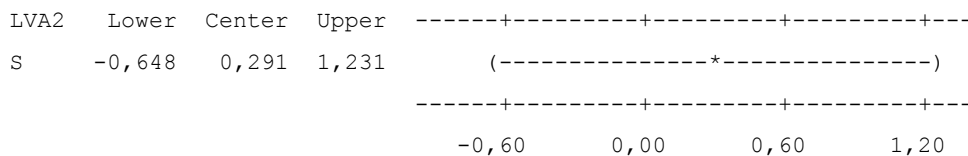
Figura 17. Comparação de desempenho para alunos que frequentaram a disciplina pela segunda vez.



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

A estatística de teste desse ensaio foi um F de 0,38, com valor p de 0,54. Isto é, embora existam indícios de um desempenho superior por parte dos alunos que utilizaram o LVAH, os resultados não são conclusivos. A figura 18, a seguir, apresenta o intervalo de confiança da diferença das médias dos dois grupos.

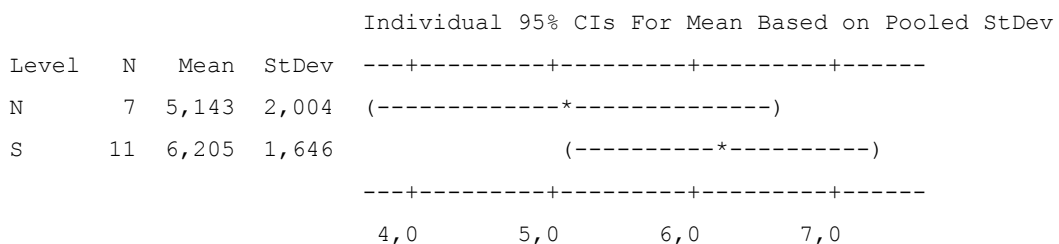
Figura 18. Intervalo de confiança da diferença entre as notas dos alunos que cursaram a disciplina pela segunda vez, com e sem LVAH.



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

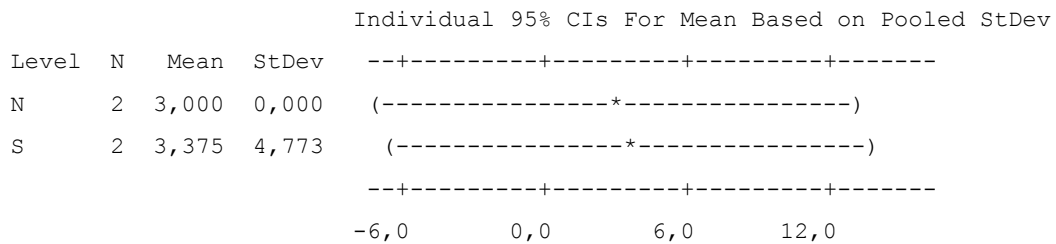
Conforme comentado anteriormente, os resultados para os alunos que frequentaram a disciplina três ou quatro vezes também não foram conclusivos, apesar dos indícios de melhor desempenho. As figuras 19 e 20 apresentam os dois comparativos para os grupos de alunos citados.

Figura 19. Comparação de desempenho para alunos que frequentaram a disciplina pela terceira vez (F=1,51 e valor p=0,237)



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

Figura 20. Comparação de desempenho para alunos que frequentaram a disciplina pela quarta vez (F=0,01 e valor p=0,922)

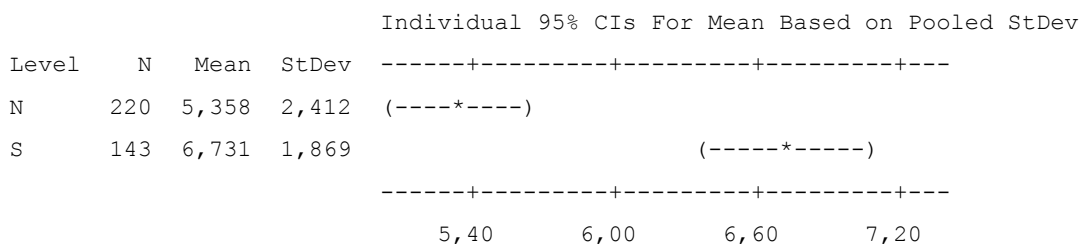


Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

De maneira geral, mesmo para os alunos que frequentam a disciplina mais de uma vez, existem indícios de que o desempenho daqueles que utilizam o LVAH é superior aos que não utilizam na medida em que mais elementos passem a integrar a amostra, novos testes poderão ser realizados, comparando-se os desempenhos e verificando se a diferença é estatisticamente significativa.

Numa segunda etapa das análises realizadas, procurou-se determinar se o resultado de uso do laboratório virtual gera desempenhos diferenciados, considerando-se o curso em que o aluno está matriculado. Assim, foram comparados os desempenhos (conceitos codificados) dos alunos agrupados por curso. A figura 21, apresentada a seguir, compara o desempenho dos alunos do curso de engenharia civil que utilizaram e que não utilizaram o LVAH.

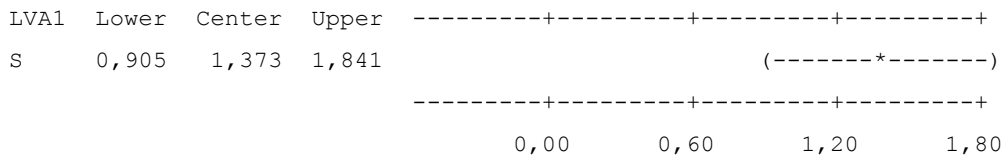
Figura 21. Comparação do desempenho (conceito codificado) dos alunos do curso de Engenharia Civil, com e sem LVAH



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

A análise da figura anterior comprova que, no curso de engenharia civil, a diferença no desempenho dos alunos é significativa, com uma estatística de teste F de 33,32 e valor p menor do que 0,1%. Como nos casos anteriores, também foi estimado o intervalo de confiança da diferença de pontuação entre os grupos através de um teste de Tukey. O resultado está na figura 22, a seguir.

Figura 22. Intervalo de confiança da diferença entre as notas dos alunos de engenharia civil, com e sem LVAH.

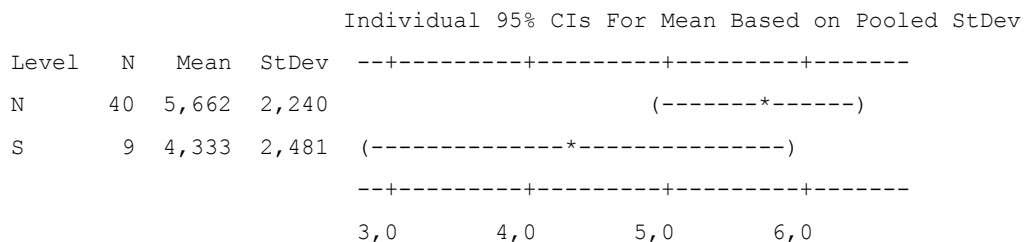


Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

Comparando-se os resultados da figura 22 com aqueles obtidos com todo o grupo estudado, pode-se notar que o efeito do LVAH nos alunos do curso de engenharia civil foi ainda mais relevante. A diferença na pontuação média dos alunos deste curso é cerca de 14% acima da média global, mostrando que esse grupo de alunos parece ter se beneficiado mais intensamente desse recurso.

Quando o mesmo estudo foi aplicado ao curso de engenharia ambiental, entretanto, os resultados não foram conclusivos. A figura 23 apresenta os intervalos de confiança comparando o desempenho dos alunos deste curso, com e sem o uso do LVAH.

Figura 23. Comparação de desempenho dos alunos do curso de engenharia ambiental com e sem o uso do LVAH ($F=2,49$ e valor $p=0,121$)



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

Portanto, embora haja indícios de um desempenho superior para os alunos que utilizaram o laboratório virtual, não há evidências estatísticas dessa diferença no curso de engenharia ambiental.

Além de se avaliar comparativamente o desempenho dos alunos, utilizando a codificação dos conceitos e transformando-os em valores numéricos, foi feita uma análise dos conceitos (variáveis qualitativas) dos dois grupos (com e sem LVAH). Esta foi realizada desenvolvendo-se um teste de independência entre os dois grupos, validando-se os resultados com a estatística chi-quadrado. A tabela 1, apresentada a seguir, compara o perfil de conceitos

dos grupos com e sem uso do LVA, bem como a contribuição de cada conceito para a estatística de teste.

Tabela 1. Comparação do número de conceitos obtidos na disciplina de mecânica dos fluídos.

Conceito	Sem LVA	Com LVA	Todos
	7	11	18
A	2,68	7,19	4,35
	1,666	2,842	*
	36	29	65
B	13,79	18,95	15,70
	0,605	1,032	*
	113	90	203
C	43,30	58,82	49,03
	1,753	2,990	*
	93	19	112
D	35,63	12,42	27,05
	7,101	12,113	*
	12	4	16
FF	4,60	2,61	3,86
	0,363	0,619	*
	261	153	414
Todos	100,00	100,00	100,00
	*	*	*

Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.
(primeira linha = contagem; segunda linha= percentual na coluna;
terceira linha = contribuição para chi=quadrado).

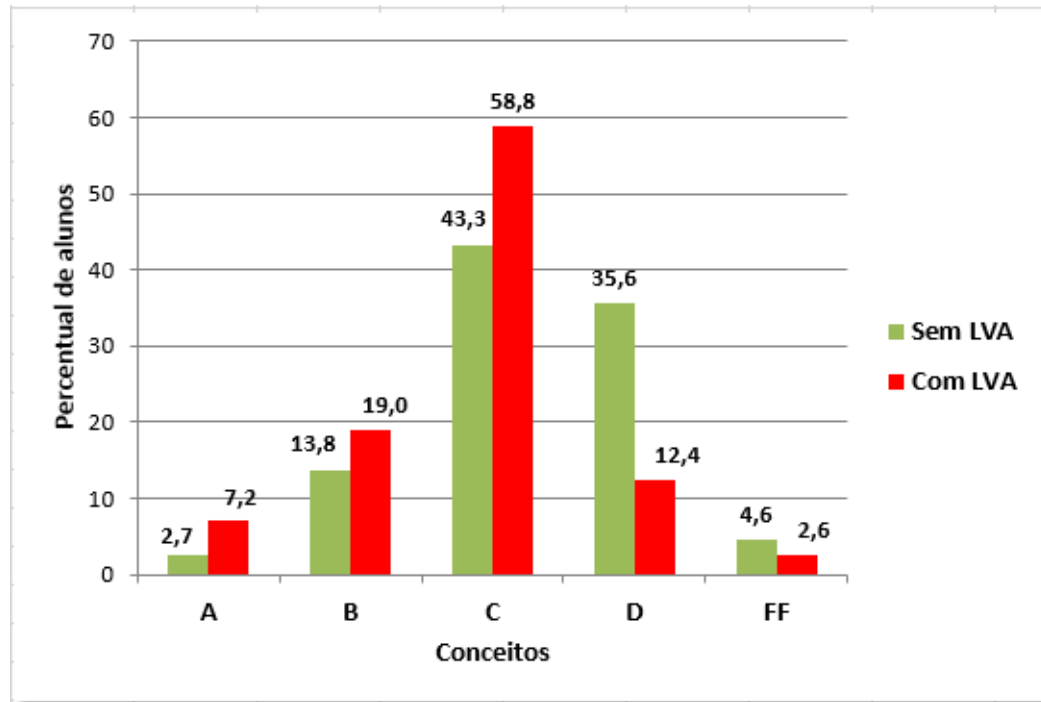
A análise da tabela anterior mostra que o percentual para os conceitos "A", "B" e "C", sempre que os alunos usaram o LVA, estes obtiveram proporcionalmente sempre maiores notas que os alunos do outro grupo sem uso do LVA. Por outro lado, também é possível constatar pela tabela que, quando os alunos não usaram o LVA, os percentuais de "D" e "FF" (reprovação) foram maiores.

A validade estatística do teste de independência pode ser confirmada a partir das suas estatísticas de teste, onde se obteve um chi-quadrado de 31,08, com um valor p menor do que 0,1%. Assim, no que diz respeito aos conceitos na disciplina, o uso do laboratório virtual está associado a um perfil de maior desempenho e de menor índice de reprovação, quando comparado a alunos que não utilizaram esse recurso.

Além disso, em função dos percentuais representados em cada conceito, conclui-se que o desempenho dos alunos que utilizaram o LVA é SUPERIOR aos dos que não o utilizaram. Dos dados extraídos da tabela 1, pode-se visualizar melhor graficamente o comportamento dos dados, onde a figura 24 mostra o percentual de alunos e sua distribuição de conceitos em relação a ter utilizado o LVA ou não, confirmando que quem utilizou o LVA

obteve mais conceitos A, B e C, enquanto este mesmo grupo teve menos repetência e desistências (conceitos D e FF).

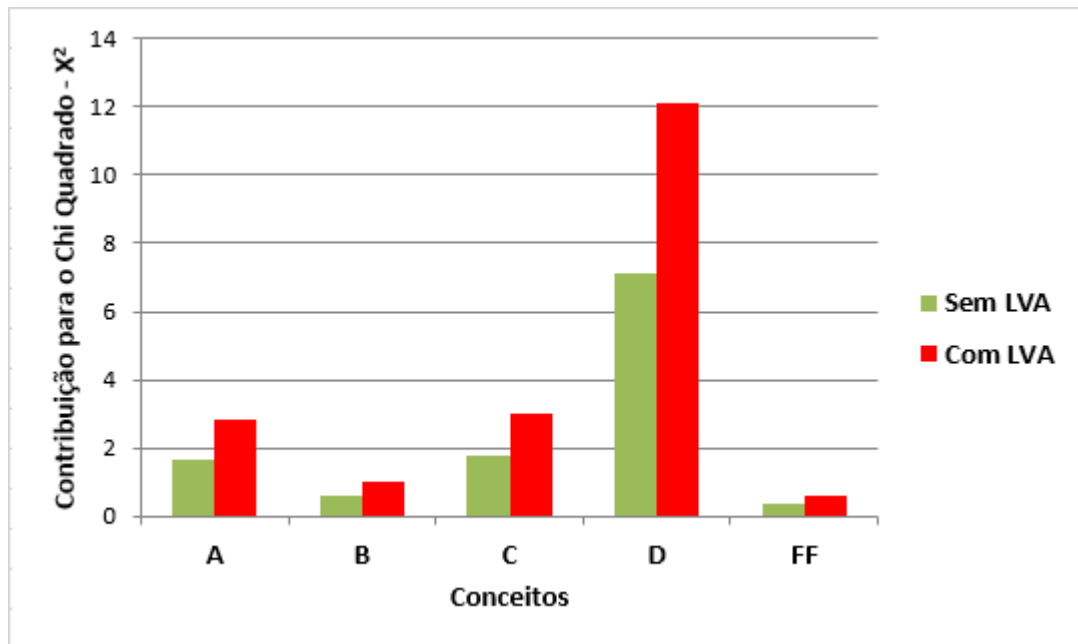
Figura 24. Distribuição dos conceitos dos alunos (com e sem LVA)



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Excel 365.

Pode-se também verificar na figura 25, cujos dados foram extraídos da tabela 1, o comportamento dos dados em relação à contribuição dos mesmos para o chi-quadrado. Como o teste Chi-Quadrado é um teste de hipóteses, a estatística de teste resultante é calculada verificando-se quanto cada amostra real afasta-se de um perfil esperado, portanto, quanto maior a discrepância entre o encontrado e o esperado, maior o chi-quadrado, mostrando na figura 25 que quanto maior a amplitude, maior a distinção entre os componentes do perfil (conceitos), provando, neste caso, que o conceito D (repetentes) teve a maior amplitude, ou seja, os dois perfis são independentes e foram afetados positivamente pelo uso do LVA.

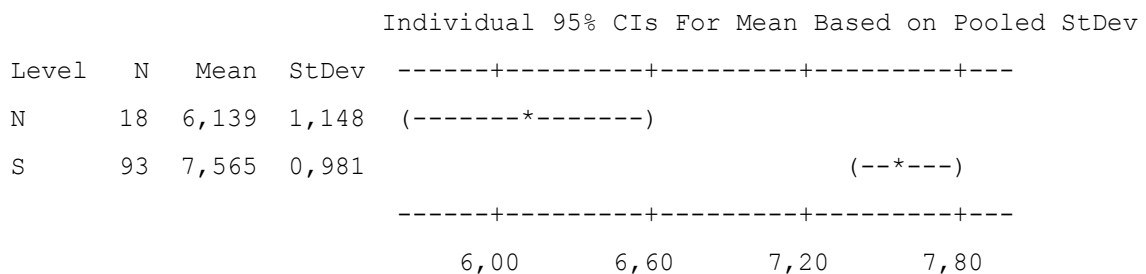
Figura 25. Contribuição para o chi-quadrado



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Excel 365.

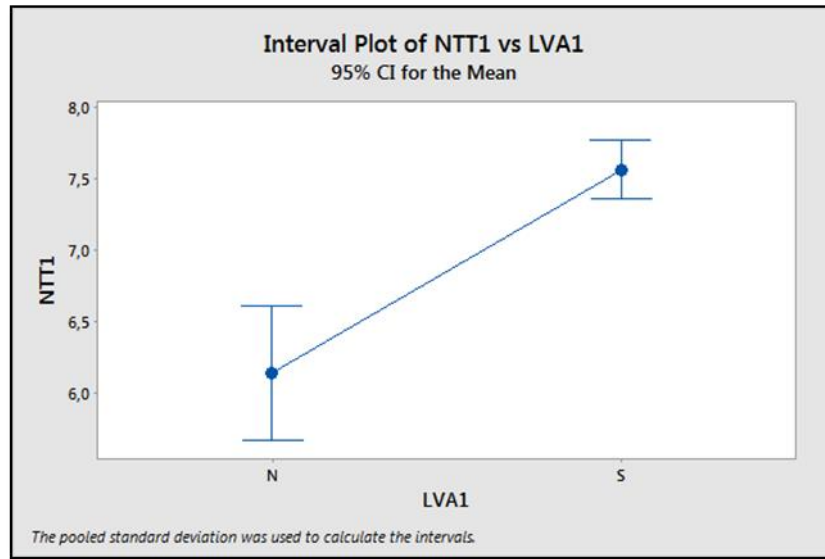
Finalmente, o último conjunto de análises realizadas diz respeito ao desempenho dos alunos no teste teórico, aplicado ao final da disciplina. Para isso foi efetuada uma análise de variância entre as médias das notas dos testes teóricos dos dois grupos (com e sem uso do LVA), com um nível de significância de 95%. A figura 26, a seguir, apresenta os intervalos de confiança das médias no teste teórico para os dois grupos de alunos que fizeram a disciplina de mecânica dos fluídos pela primeira vez.

Figura 26. Comparação do desempenho (nota no teste teórico) dos alunos de mecânica dos fluídos com (S) e sem (N) o uso do LVA



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

Figura 27. Comparação das médias dos alunos que usaram (S) e que não usaram (N) o laboratório virtual

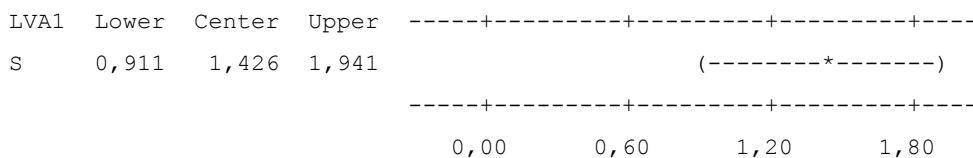


Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

De modo semelhante ao comportamento dos conceitos codificados, a nota do grupo de alunos que utilizou o LVA teve desempenho estatisticamente superior ao do grupo que não o utilizou. A estatística de teste nesse ensaio foi de um F de Fisher de 30,09, com valor p menor do que 0,1%, comprovando pela análise da variância que as médias dos dois grupos não são iguais.

Um teste de Tukey procurou determinar o intervalo de confiança da diferença entre as médias dos dois grupos, sendo esse resultado apresentado na figura 28.

Figura 28. Intervalo de confiança da diferença entre as médias no teste teórico dos alunos, com e sem LVA.



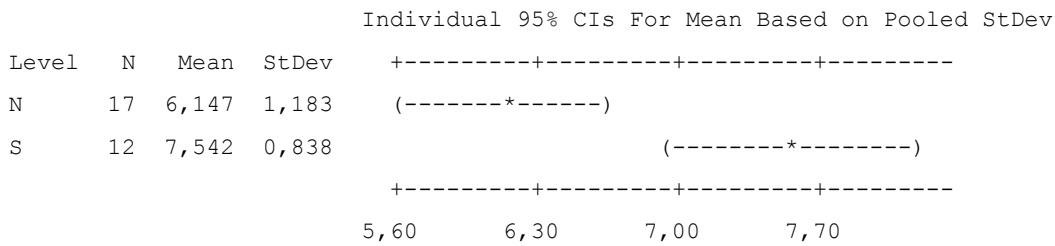
Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

Como se pode notar, a diferença média nos testes teóricos apontou que a média dos alunos que utilizaram o LVA é de cerca de 1,43 pontos maior, com um limite inferior de, no mínimo, 0,91 pontos. Tomando-se como referência a nota média do grupo que não utilizou o LVA, obtém-se dos ensaios que o desempenho médio do grupo que utilizou o laboratório virtual é cerca de 23,2% superior.

Os resultados apresentados até este ponto mostram que os alunos que utilizaram os dois laboratórios (real e virtual) tiveram um desempenho superior na disciplina de mecânica dos fluídos quando comparados aos alunos que usaram apenas o laboratório real.

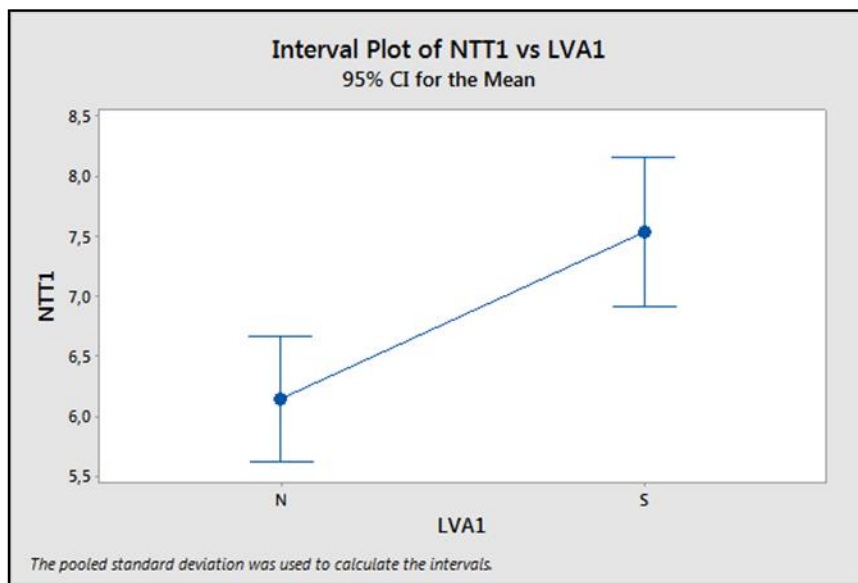
Uma análise mais avançada foi efetuada tendo como intuito avaliar a seguinte possibilidade: o laboratório virtual poderia ser um instrumento que viesse a substituir o uso de laboratórios reais na disciplina de mecânica dos fluídos? Com esse fim, foi efetuada uma comparação entre as médias do teste teórico de dois grupos de alunos, sendo que um deles utilizou apenas o laboratório real de mecânica dos fluídos e outro apenas o LVA Hidrolândia. O resultado desse estudo está apresentado na figura 29, a seguir.

Figura 29. Comparação do desempenho (nota no teste teórico) dos alunos de mecânica dos fluídos que utilizaram somente o laboratório real (N) ou somente o laboratório virtual LVA (S)



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

Figura 30. Comparação das médias dos alunos que usaram somente um dos laboratórios: real (N) ou virtual (S)

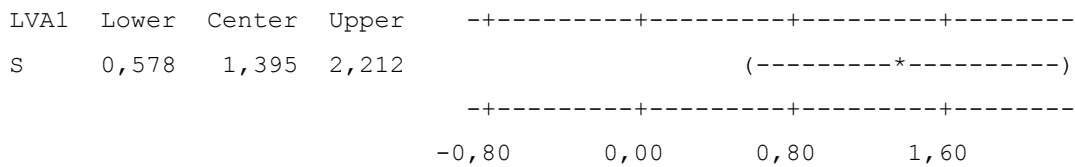


Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

A análise do teste mostra que as notas dos dois grupos têm diferença estatisticamente significativa ($F=12,27$ e valor $p=0,002$), com 5% de significância. Ou seja, os alunos que fizeram uso do laboratório virtual, mesmo sem passar pela experiência de uso de um laboratório real, tiveram um desempenho superior aos alunos que fizeram experiências práticas reais.

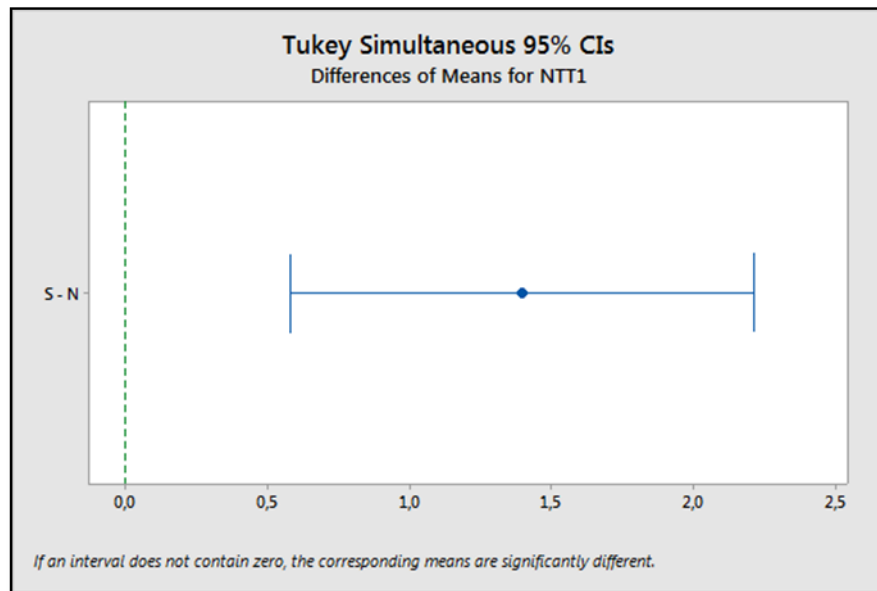
A figura 31 apresenta o intervalo de confiança da diferença das médias dos dois grupos estudados. Este intervalo de confiança foi estimado a partir de um teste de Tukey com 95% de confiança.

Figura 31. Intervalo de confiança da diferença entre as médias no teste teórico dos alunos do laboratório real e do laboratório virtual



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

Figura 32. Intervalo de confiança da diferença das médias dos testes teóricos de alunos que utilizaram o LVA quando comparados com os que usaram o laboratório real.



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do software Minitab versão 17.1.0.

Constata-se, portanto, que a diferença média entre os dois grupos foi de 1,39 pontos, sendo de, no mínimo, 0,58 pontos ($T=3,50$ e valor $p=0,002$). Logo, pode-se concluir que é possível a substituição do laboratório real por um laboratório virtual, caso se tome como

indicador de referência a nota em um teste teórico que avalia conhecimentos específicos da área abrangida pelas práticas laboratoriais, como o que foi aplicado nessa disciplina. Considerando-se a média do grupo do laboratório real, pode-se estimar que o desempenho dos alunos do grupo do laboratório virtual foi cerca de 22,7% superior.

6.3 Percepção dos alunos

Ao considerar a experiência do Laboratório Virtual em relação à percepção que os alunos tiveram sobre a contribuição na compreensão dos conteúdos e algumas características consideradas positivas, podem-se destacar algumas manifestações importantes:

- "Conseguimos visualizar melhor o que é passado em sala de aula. É um bom complemento para a prática, pois podemos voltar e ver o que ficamos em dúvida."
- "Renova" o empenho nos estudos, saindo do "normal" dos livros. "
- "A partir do laboratório virtual é possível ver uma aplicação prática do que se aprende em sala de aula, é outra maneira de estudar fluidos."
- "Contribui, o laboratório virtual é uma ferramenta mais lúdica, que sai do modelo tradicional de ensino e isso facilita porque deixa o conteúdo mais claro e acessível."
- "Contribui, ótima ferramenta, pois o laboratório físico envolve apenas uma aula e o laboratório virtual possibilita refazer as práticas."
- "Com ele podemos visualizar melhor o que acontece em cada experimento, já que no laboratório nosso período de aula é bastante curto."
- "Contribui na compreensão dos conteúdos. É uma ferramenta muito boa visualmente. A interatividade faz com que nos coloquemos no controle da situação proposta, ou seja, podemos rever e refazer a simulação para termos noção das várias formas que o fenômeno pode ocorrer."
- "A relação do conteúdo com exemplos reais, mesmo que simulados, contribuem muito na compreensão do conteúdo."
- "Considero que contribui sim, especialmente porque nele é possível repetir o experimento com mais calma e com menores erros de execução."

- “Ajuda, pois muitas das dúvidas são apenas questões de didática, e com aulas virtuais fica mais fácil o entendimento. ”
- “Contribui pelo aspecto da familiarização e da exemplificação do que será desenvolvido. ”
- “Aproximação com a prática. Noção real do que acontece na teoria. ”
- “Entendo o que não foi compreendido no laboratório. ”
- “A possibilidade de refazer os experimentos e calculá-los novamente. ”
- “Visualizar quantas vezes quiser. Ver o fluido escoar de fato. Ilustração mais simplificada. ”
- “Visualização da teoria. ”
- “Todas as visualizações nos facilitam o entendimento. ”
- “O ritmo é imposto pelo aluno, alto detalhe, fidelidade ao laboratório real. ”
- “Podemos verificar os estudos trabalhados em aula em um ambiente de ensaios. É capaz de unir a teoria á prática. ”
- “Rever as instalações / com fatos e explicações. Simular experimentos. ”
- “Boa organização das informações. Introdução aos experimentos facilita o entendimento destes no ato. ”
- “Possibilidade de ver melhor o sentido físico do experimento, aliando com teoria”.
- “Poder repetir os experimentos em casa e analisar o comportamento. ”
- “Imagens permitem que a prática seja lembrada. A realização simplificada dos experimentos fixa o aprendizado. ”
- “Apostila explicativa. Esquema da instalação. Simulações. ”
- “Visualização do experimento. Apresentação dos procedimentos. ”
- “Tudo no LVA ajuda no aprendizado. ”
- “Melhora a aprendizagem / Visualização de aspectos desconhecidos. ”
- “Rever as instalações para entender melhor o seu funcionamento. ”
- “Semelhança com realidade, facilidade para repetir o experimento, apresentação de explicações.”
- “Interface interativa. Boa organização das informações. ”
- “Importante o fato de poder refazer, de diversas formas, o que fizemos na prática já foi esclarecedor. ”
- “União da parte teórica com a parte prática do experimento. ”

- “Teoria demonstrada junto da prática, agilidade de obtenção de resultados, agilidade na troca das diferentes condições iniciais. ”
- “Muito bom conter as experiências e as explicações em anexo. Possibilidade de repetição do experimento. ”
- “Visualização prática dos aprendizados de sala de aula, instrumentos usados nos experimentos e teoria de fácil acesso. ”
- “Conseguimos visualizar o que acontece isso pode ajudar no entendimento na hora em que estivermos fazendo exercícios. ”
- “Visualização do experimento. Facilidade de uso. Noção de resultados. ”
- “Fator visual atraente e de muita simplicidade. ”
- “Guia virtual (bem explicado). Experimentos (gostei por ser bem dinâmico). Fotos (seria melhor uma foto completa). ”
- “Considero um facilitador, com importância, principal na visualização 3D do assunto, mas em contato com a prática de fato. ”
- “A possibilidade de facilmente poder fazer várias vezes o mesmo experimento. ”
- Interatividade, ergonomia, facilidade de usar o software. ”
- “Importante o aprendizado individual e descrição dos experimentos. ”
- “A capacidade de simular dando resultado. Serve como conferência a exercícios. ”
- “Acesso a informação de forma instantânea. ”
- “Facilidade de assimilação, mudar a experiência da forma que quiser. ”
- “O experimento de Venturi clareou minha compreensão sobre seu funcionamento.”
- “Muito boa a interatividade, experimentação e comparação dos resultados. ”
- “Ter a oportunidade de vivenciar um novo laboratório, poder modificar valores e ângulos dos equipamentos. ”
- “Mais importante eu considero a apresentação do ambiente físico do laboratório, de forma que ao chegar nele já temos uma boa noção de como as coisas acontecem. ”
- “Achei importante vários aspectos, mas me chamou atenção o uso dos coeficientes para as correções, porque teve maior significado posteriormente. ”
- “Importância para a interação. Elucidação. Clareza. Facilidade de entendimento. ”
- “Fixação do conteúdo através da simulação. ”

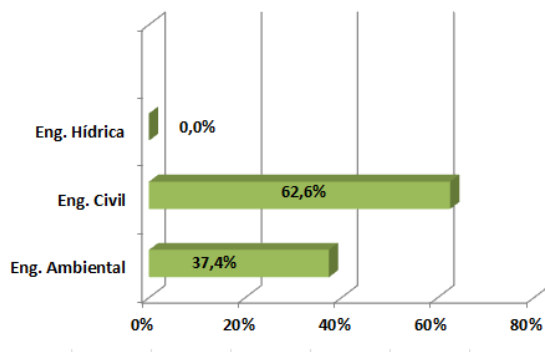
- “Visualização dos equipamentos, simulação de resultados... Dão uma prévia do que será visto.”
- “Importante a utilização das fórmulas com a possibilidade de alterar as variáveis, observando a modificação do resultado.”

Ao considerar as questões do questionário aplicado, vemos que os alunos têm uma percepção muito positiva em termos da aprendizagem com o uso do LVA. A maior parte das avaliações mostra o aluno valorizando a nova trajetória de aprendizagem proporcionada com o uso do LVA e recomendando fazer disciplinas que tenham iniciativas deste tipo. As opiniões dos alunos foram sintetizadas no quadro 6 contendo os gráficos seguintes.

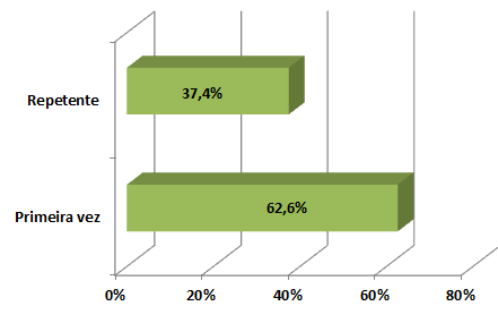
Quadro 6. Opiniões dos alunos sobre a trajetória de aprendizagem com o LVA Hidrolândia

Seção A: Situação do aluno

A que engenharia pertences?

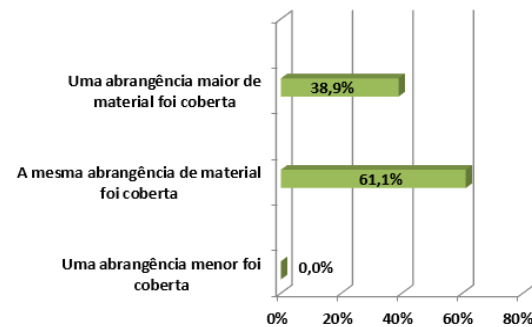
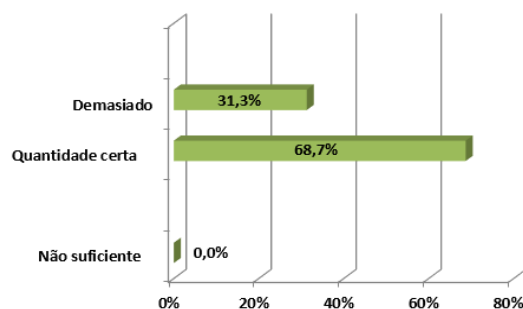


Estas cursando a disciplina pela primeira vez ou estás repetindo?

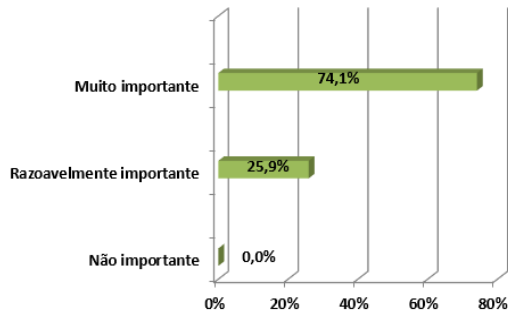


Seção B: Abrangência do conteúdo

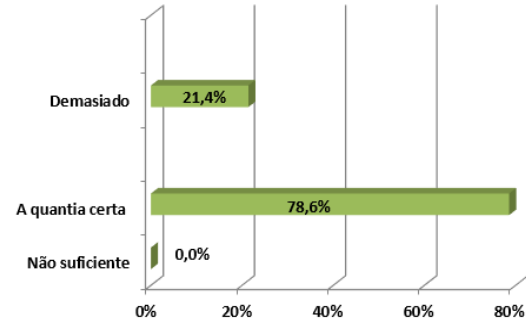
A abrangência do conteúdo do LVA em relação à prática no laboratório foi: Comparado à “prática tradicional”:



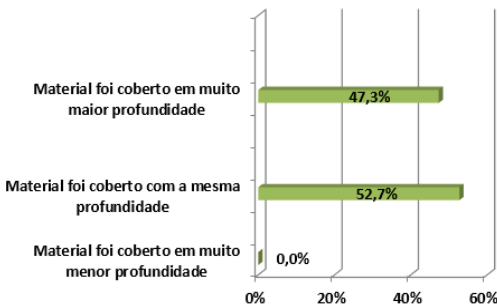
Quão importante para você é ser exposto a uma ferramenta de apoio multimídia como o LVA, na área de hidráulica?



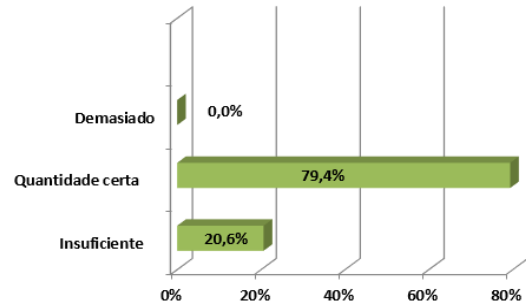
A profundidade do conteúdo abrangido neste LVA foi:



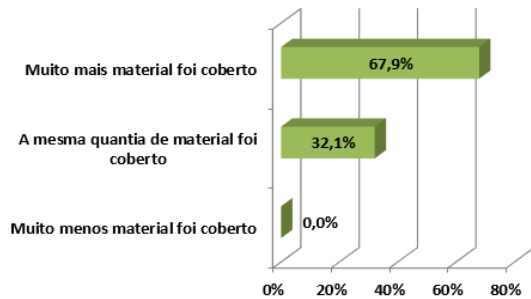
Comparado à “prática tradicional”:



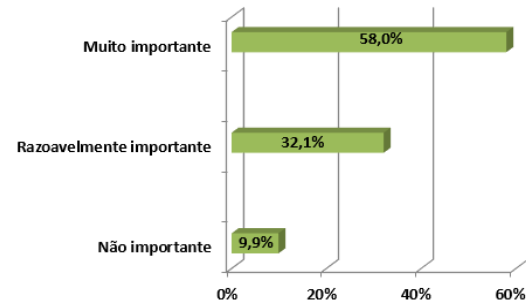
A quantidade de material de apoio à prática laboratorial, anteriormente era:



E agora, após conhecer o LVA?

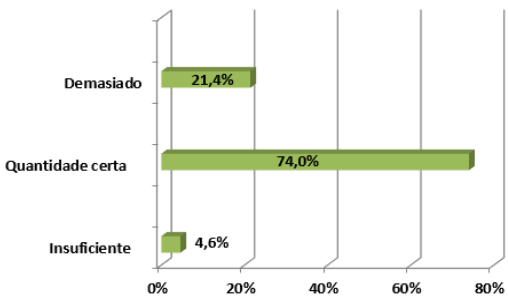


Quão importante para você é utilizar recursos multimídia como o LVA?

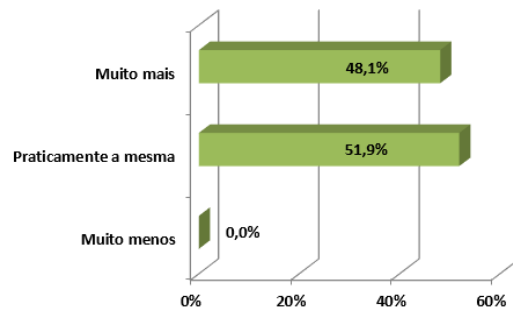


Seção C: Estratégias de aprendizagem

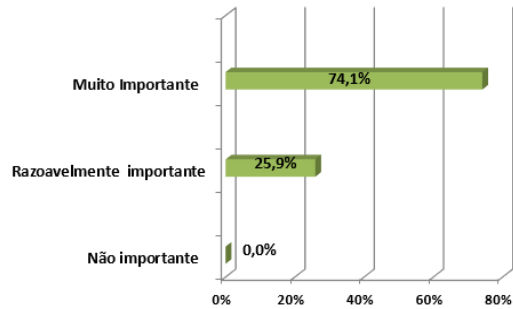
A utilização deste tipo de recurso possibilitou a oportunidade para discussão da prática em algum grau?



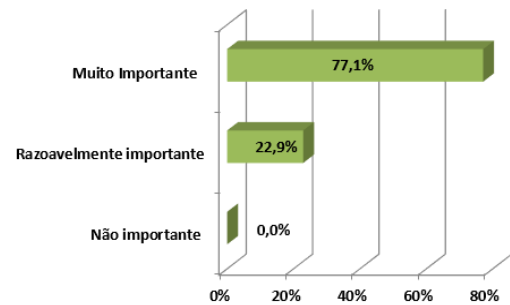
Comparado à “prática tradicional”, que tipo de oportunidade para discussão houve:



Quão importante a discussão é na sua aprendizagem?

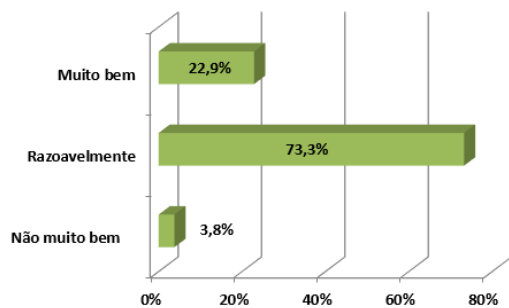


Quão importante é o uso de tecnologias diversas, como apoio ao seu processo de aprendizagem?

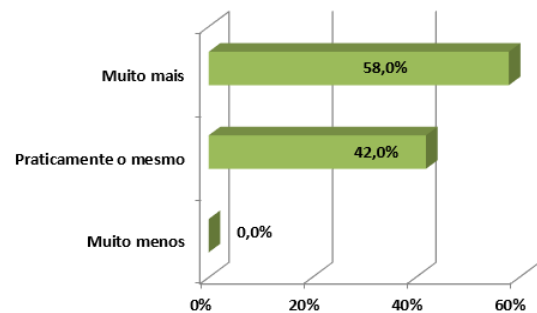


Seção D: Assuntos gerais

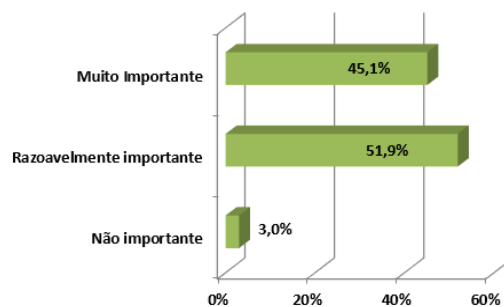
Em que medida você poderá usar o material apresentado, no futuro?



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

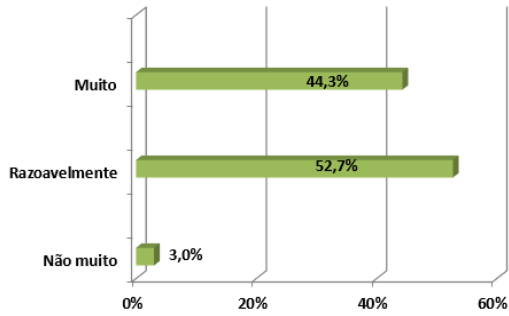


Quão importante é para você poder usar o material deste curso no futuro?

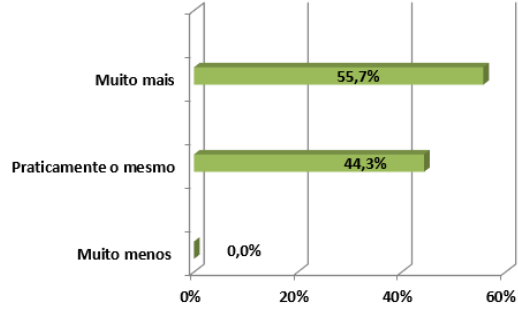


Seção E: Percepção de aprendizagem

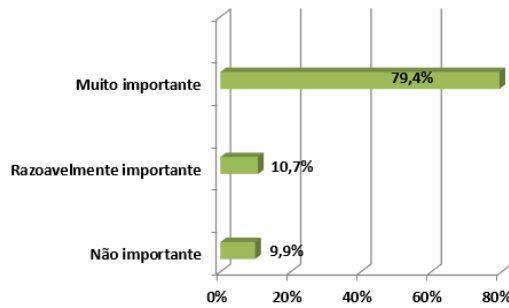
Quanto você aprendeu utilizando este tipo de recursos de ensino?



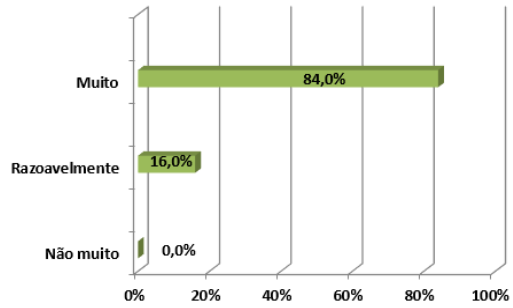
Comparado a uma "prática tradicional", quanto você aprendeu?



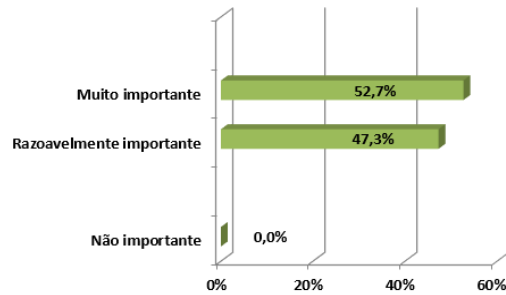
Quão importante está sendo aprender novos conteúdos para você, utilizando este tipo de recurso?



Quanto você gostou deste recurso de LVA, introduzido nas aulas laboratoriais?

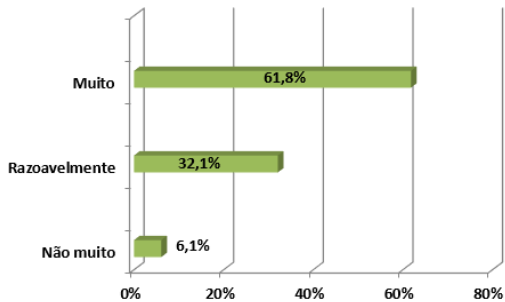


Quão importante para você é ter gostado do novo recurso?

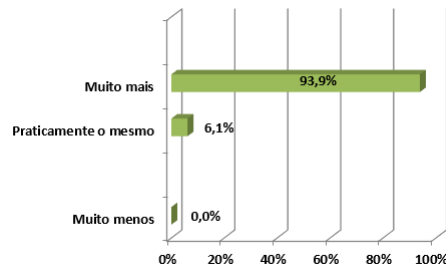


Seção F: Valorização do LVA Hidrolândia

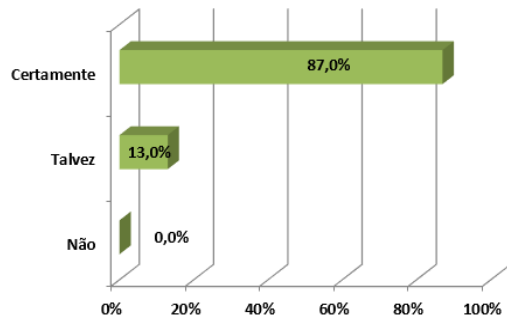
Quão valioso foi este recurso para você?



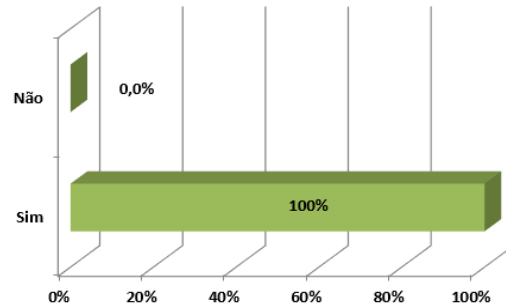
Comparado a uma "disciplina tradicional", quanto você valorizaria uma disciplina que explora novas tecnologias no aprendizado?



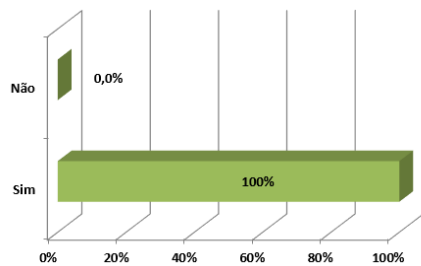
Você recomendaria fazer esta disciplina em uma turma que utiliza este tipo de recurso?



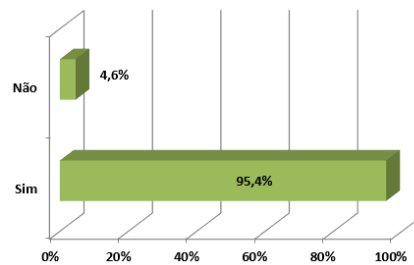
Você acha que devem aperfeiçoar-se materiais instrucionais deste tipo, para complementar a aula tradicional, no ensino de hidráulica?



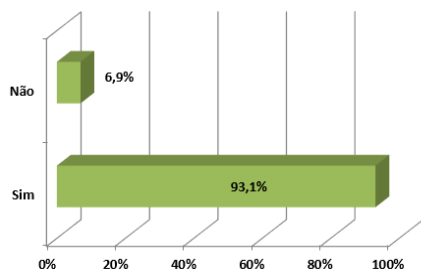
Você acha que devem aperfeiçoar-se materiais instrucionais deste tipo, para complementar a aula tradicional, no ensino em outras áreas da Engenharia também?



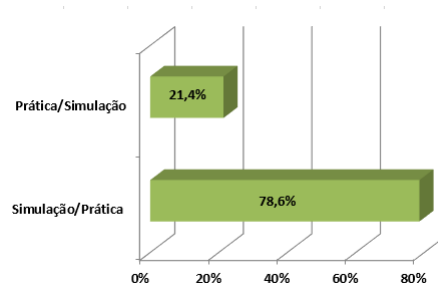
Você recomendaria que outros alunos/turmas tenham o mesmo tipo de experiência com LVA de algum tipo, para representar e testar situações reais, como práticas de laboratório?



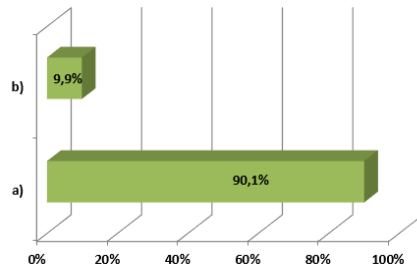
Se você tivesse realizado antes o LAV, teria se sentido mais capacitado a executar a prática laboratorial após a utilização do LVA?



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



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.



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do Excel 365.

O quadro 6 mostra graficamente os valores percentuais atribuídos às respostas do questionário de pesquisa apresentado aos alunos. Do ponto de vista da abrangência do conteúdo em relação à prática no laboratório, 68,7% acharam que foi a “quantidade certa” e 31,3% acharam que foi “demasiado”, não havendo respostas no sentido que “não foi suficiente” o material oferecido no LVA. Quando comparado à prática laboratorial tradicional, 61,1% acharam que a “mesma abrangência do material foi coberta”, enquanto que 38,9% dos alunos disseram que “uma abrangência maior foi coberta”, não havendo manifestações de que uma abrangência menor tenha sido coberta.

Além disso, para 74,1% dos alunos é “muito importante” utilizar recursos como o LVA e para 25,9% “razoavelmente importante”, não tendo havido respostas no sentido de que não seja importante. Também se constatou que, em relação à profundidade do conteúdo abrangido pelo LVA, 78,6% acham que foi a “quantia certa” e para 21,4% que foi “demasiado”, não havendo respostas indicando que não tenha sido suficiente.

Portanto, vemos que, para a grande maioria dos alunos, o LVA tem uma abrangência correta, sendo compatível com a abrangência de uma prática tradicional, e para os alunos é muito importante ser exposto educacionalmente a este tipo de ferramenta educacional como o LVA, que tem uma profundidade certa de conteúdos educacionais.

Relacionando com a prática tradicional, 52,7% acham que o “material foi coberto com a mesma profundidade” e 47,3% citaram que o material foi “coberto em muito mais profundidade”, sendo que, após conhecer o LVA “muito mais material foi coberto” para 67,9% dos alunos e a “mesma quantia foi coberta” para 32,1% deles.

Como 79,4% dos alunos acham que a quantidade de material de apoio à prática laboratorial anteriormente era a “quantidade certa”, percebe-se que os alunos interpretam que estão perante um material educacional rico, que tem significados para eles, achando o LVA “muito importante”, sendo que para os alunos participantes da pesquisa é “muito importante”

utilizar este tipo de recurso em 58% e “razoavelmente importante” para 32,1%, não havendo a percepção de falta de apoio teórico com o material apresentado no LVA, sentindo-se confortáveis em relação a estes aspectos.

Considerando as respostas dos alunos em relação à estratégia de aprendizagem, vemos que as respostas têm relação direta com o fato de terem praticado uma experiência significativa do ponto de vista dos atributos da aprendizagem significativa descritos anteriormente neste trabalho. Por exemplo, quando questionados se a utilização deste LVA possibilitou a oportunidade para discussão da prática em algum grau, 74% dos alunos manifestaram que “oportunizou a discussão na quantidade certa” e 21,4% que “oportunizou demasiadamente”, sendo que 4,6% disseram que “oportunizou de maneira suficiente”. Quando comparado com a prática tradicional, 51,9% acharam que oportunizou a discussão educativa “praticamente o mesmo” e 48,1% que “oportunizou muito mais” que a prática tradicional, sendo que 74,1% dos alunos manifestaram que é “muito importante” para eles a discussão.

Portanto, se para os alunos é muito importante a discussão, e com o uso do LVA houve a possibilidade para a discussão e na quantidade certa, e ainda havendo mais oportunidade para discutir do que na prática tradicional, vemos que o LVA como objeto educacional que proporciona aprendizagem de fato é significativo.

Os mesmos alunos indicaram que o uso de tecnologias diversas como apoio ao processo de aprendizagem é “muito importante” para 71,1%, e “razoavelmente importante” para 22,9%. Então, os mesmos consideram muito importante o uso de tecnologias na sua aprendizagem, pois por algum motivo estas tecnologias devem contribuir positivamente para o aluno, seja despertando a curiosidade, motivando, melhorando o entendimento do fenômeno estudado, facilitando a compreensão, mudando a maneira como tradicionalmente o aluno aprende nesta disciplina.

Os alunos que participaram da pesquisa ainda afirmaram que poderão usar “razoavelmente” este material de estudo para 73,3% deles, e poderão usar “muito bem” para 22,9% dos participantes, sendo que, comparado ao material educacional usado tradicionalmente, 58% acham que poderá usar “muito mais”. Também afirmam 51,9% dos alunos que é “razoavelmente importante” poder usar este material no futuro e 45,1% acham que é “muito importante” poder usar no futuro este novo material educacional utilizado na disciplina.

O LVA, como recurso educacional que promove aprendizagem, foi avaliado como “muito valioso” para 61,8% e “razoavelmente valioso” para 32,1% dos alunos, sendo que,

comparado a uma disciplina tradicional, eles valorizariam “muito mais” para 93,9% uma disciplina que explora novas tecnologias na educação como o LVA no aprendizado. Além disto, 87% recomendam “certamente” fazer esta disciplina numa turma que usa este tipo de recurso e 13% “talvez recomendariam”, não havendo nenhuma indicação de que não recomendariam fazer numa disciplina que use o Hidrolândia. Como fechamento das recomendações, 100% dos alunos citam que devem ser elaborados materiais instrucionais deste tipo para complementar a aula tradicional no ensino de hidráulica.

Para Abdulwahed e Nagy (2011) e Dalgarno et al. (2009), os laboratórios virtuais são também uma ferramenta ideal para permitir a preparação pré-laboratorial, o que é essencial para melhorar a experiência de aprendizagem laboratorial dos estudantes. Esta constatação dos pesquisadores vai ao encontro dos resultados desta tese, onde os alunos afirmam que para 90,1% deles, o LVA é um complemento da prática laboratorial e 93,1% afirmam que preferiam ver primeiro o LVA por sentir-se mais capacitado para executar posteriormente a prática real.

6.4 Percepção do Processo de ensino por parte dos professores

Esta pesquisa possivelmente não teria chegado aonde chegou se não fosse pelo entendimento de alguns professores do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, que permitiram aplicar o LVA Hidrolândia em suas respectivas disciplinas durante o período deste trabalho, inclusive podendo efetuar o estágio de docência do pesquisador nestas disciplinas, concomitantemente com a aplicação desta pesquisa nas mesmas.

Inicialmente o Prof. Dr. Luiz Augusto Magalhães Endres abriu as portas das suas disciplinas, sendo que foi com este que se iniciou a concepção do LVA e principalmente foram elaboradas as equações reduzidas ou simplificadas da mecânica dos fluidos nas simulações contidas no LVA. Posteriormente, outros professores como a Prof^a. Dra. Edith Beatriz Camano Schettini, Prof. Dr. Eduardo Puhl e o Prof. Dr. Rafael Manica, permitiram também incluir nas suas disciplinas esta abordagem com uso do LVA Hidrolândia.

A seguir dois professores participantes desta experiência mostram suas percepções em relação ao uso do LVA nas suas disciplinas, sendo que as mesmas são muito positivas e mostram a aceitação do uso deste tipo de recurso tecnológico nas aulas de mecânica dos fluidos.

Professor Dr. Eduardo Puhl

Quando surgem novas metodologias, ferramentas e princípios para educação, não há melhor maneira de solidificar este tipo de inovação do que através de experiências reais. Neste contexto, serão relatadas as impressões do uso do Laboratório Virtual de Aprendizagem (LVA), na disciplina regular de Mecânica dos Fluidos, durante dois semestres letivos. A experiência foi realizada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) com alunos do curso de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental.

De maneira geral, o uso de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem é concebido para serem utilizados em cursos que não têm disponibilidade de infraestrutura física para tais atividades. Com isso, espera-se permitir ao aluno a experiência de visualizar fenômenos físicos para melhor compreensão dos conceitos teóricos.

Porém, o caso relatado possui uma peculiaridade: a de que o uso do LVA foi realizado juntamente com as mesmas atividades reais no Laboratório de Ensino do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). Neste ponto, o pensamento comum poderá não achar relevante o uso de instalações virtuais em ocasiões em que há disponibilidade de instalações físicas. Porém, busca-se mostrar tanto a importância de atividades práticas complementares para disciplinas teórico-práticas como a complementariedade com as atividades nos LVA.

Disciplinas teórico-práticas, como Mecânica dos Fluidos, trazem uma grande carga de conceitos que necessitam ser vinculados às aplicações práticas e este é um desafio que o professor precisa vencer. Neste sentido, o uso de atividades complementares de caráter prático é muito bem-vindo para auxiliar na assimilação dos conceitos necessários. Nelas os alunos têm a oportunidade de sair do modelo clássico de aula expositiva, no qual os alunos têm papel passivo.

Já, nas atividades práticas, exige-se dos alunos uma participação ativa nos experimentos e, ao mesmo tempo, o professor pode aproveitar os preciosos fenômenos visuais para vinculá-los aos conceitos teóricos. No IPH, a implementação das atividades de laboratório nas disciplinas de Mecânica dos Fluidos e, também, de hidráulica, datam da década de 1960 (período da construção do laboratório com financiamento da UNESCO) e permanecem até hoje, visto sua valiosa contribuição para a formação dos estudantes.

No caso da disciplina de Mecânica dos Fluidos, são três as atividades complementares previstas no Laboratório de Ensino do IPH/UFRGS:

- Esvaziamento de Reservatório por Bocal com carga variável: nesta atividade o aluno tem a oportunidade de visualizar a ocorrência de um escoamento não permanente, assim como realizar medições dos parâmetros para determinação do coeficiente de descarga do bocal;
- Aferição de Tubo Venturi: através do uso de reservatórios auxiliares, pelo método da cubagem do volume escoado em certo período de tempo, os alunos podem comparar a vazão calculada com a vazão teórica, determinada através da diferença de pressão no Tubo Venturi e realizar a medição do instrumento;
- Determinação da vazão em canal com uso de Sonda Pitot-Prandtl: os alunos têm a oportunidade de realizar as medições pontuais de velocidade com a sonda e, através de integração, comparar a vazão calculada com a vazão real, medida através de um vertedor retangular.

Anteriormente às práticas de laboratório, o professor responsável apresenta, através de uma breve exposição, as instalações, os objetivos e as atividades a serem realizadas em cada experimento. As atividades complementares permitem tanto a visualização de diferentes tipos de escoamento quanto a verificação da influência dos parâmetros envolvidos. Além disso, as medições e boa parte das operações das instalações são realizadas pelos próprios alunos, com supervisão de um técnico do laboratório.

As atividades são realizadas em um período de uma 1h e 40 minutos, sendo a turma de alunos dividida em 3 grupos, os quais se revezam em cada um dos três experimentos. O material referente ao LVA foi introduzido aos alunos em uma aula posterior às atividades no laboratório, na qual seu funcionamento e objetivo foram expostos. Seguindo o procedimento metodológico pedagógico do pesquisador sobre a apresentação do LVA, seu uso e aplicação, ao final deste período, cada aluno recebeu uma mídia eletrônica com os módulos necessários para utilização do LVA em casa.

Especificamente sobre a experiência na disciplina de Mecânica dos Fluidos, com o uso do LVA como ferramenta complementar às atividades em laboratório, pode-se elencar diversas vantagens para aprendizagem significativa do conteúdo. Primeiramente, o uso do LVA permite complementar a breve exposição acerca dos experimentos realizados pelo professor anteriormente à atividade.

A compatibilização da carga horária e do conteúdo programático da disciplina não permite a realização de longas atividades práticas complementares, limitando o tempo de exposição e esclarecimento das atividades de laboratório. Além disso, muitos conceitos

necessitam de tempo para serem assimilados por parte dos alunos, os quais necessitam vinculá-los a fenômenos práticos. Neste sentido, muitos alunos comentaram a utilização do LVA em casa e, uma parte destes, elogiou o modo como as atividades foram expostas.

O fato mostra que o LVA supriu a necessidade dos alunos em compreender e participar das atividades de laboratório por um período de tempo superior ao que foram submetidos. Pode ser visto que as atividades, no laboratório físico, despertaram seu interesse pelos conceitos apresentados e o uso do LVA lhes permitiu explorar com maior disponibilidade as atividades. Além disso, outra vantagem do uso de LVA relatada é a liberdade para simular diferentes condições de escoamento, utilizando as mesmas instalações; porém, alterando a ordem de grandeza dos parâmetros iniciais.

Como mencionado, por escassez de tempo, nas atividades práticas não é possível variar os parâmetros iniciais, mas cada experimento é realizado na mesma configuração. Por permitir esta variação dos parâmetros, o LVA em questão lhes dá a oportunidade de adquirir uma importante habilidade para um engenheiro: a sensibilidade da ordem de grandeza e da influência dos parâmetros envolvidos no problema.

Finalmente, a acessibilidade é um ponto essencial para que uma ferramenta virtual cumpra seu dever, pois não deve ser um empecilho para que o usuário tenha acesso ao conteúdo objetivo, mas a ferramenta deve ser um meio de acesso tranquilo aos módulos principais, permitindo um aprendizado significativo por parte dos alunos. No caso relatado, pode-se perceber que a interface do LVA foi satisfatória e amigável, não tendo sido relatada nenhuma dificuldade, por parte dos alunos, em acessar os módulos disponíveis.

Afinal, a experiência do uso de LVA, juntamente com as atividades em laboratório, foi positiva em diversos aspectos, abrandando algumas limitações das atividades práticas como o tempo de exposição e variação dos parâmetros dos experimentos. A receptividade e utilização do LVA por parte dos alunos foi satisfatória, recebendo avaliações positivas tanto da interface quanto dos módulos disponíveis, permitindo um ganho significativo no aprendizado dos conceitos envolvidos. Julga-se que o uso de ferramentas digitais como esta, em cursos de engenharia que não possuam infraestrutura física para atividades práticas complementares, deva permitir um ganho no aprendizado ainda mais significativo.

Professor Dr. Luiz Augusto Magalhães Endres

A proposta foi de proporcionar aos alunos da disciplina Mecânica dos Fluidos II - IPH 01107 (DHH / UFRGS), a partir do semestre 2012/02, 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 seja atingido um máximo de aproveitamento por parte dos alunos. Um motivo para esta constatação deve ser o fato de que, na disciplina referida, esses trabalhos não são obrigatórios e sequer estão previstos no plano de ensino da disciplina.

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 ajudaram em parte do desenvolvimento dos materiais digitais do LVA, sob a orientação de candidato a doutoramento em informática para educação;
- O candidato a doutoramento 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 doutoramento 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.

Desde a primeira experiência deste professor, apenas pela motivação observada e interesse dos alunos em conhecer, mais a fundo, como ocorrem os experimentos práticos, já ficou demonstrado o acerto do emprego desse método de apoio ao ensino. Os ganhos no processo ensino-aprendizagem foram constantes e são evidentes. 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 dos alunos sobre os tópicos abordados.

O desenvolvimento de trabalhos nesta linha, a partir da proposta original, contou com as colaborações e parcerias entre pessoas e conteúdo com nível satisfatório de interação. A Universidade cumpriu, em parte, com o seu papel de proporcionar meios e incentivar os interessados nesta ação sobre o ensino.

Embora as simulações desenvolvidas, no caso desta disciplina, não tenham tido o objetivo de substituir as práticas no laboratório de hidráulica na realidade da UFRGS, é possível supor que, após aplicação de processo continuado de correções de pequenos detalhes de forma e conteúdo nos resultados obtidos, esta ferramenta possa e deva 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 continuamente otimizadas, possibilidade de visualização de fenômenos em muito facilitada. Novamente vemos aqui a função mais ampla da instituição de ensino sendo cumprido com a universalização de conhecimentos.

7 AVALIAÇÃO FINAL DOS RESULTADOS

O desafio de desenvolver novas abordagens pedagógicas para o processo de ensino e aprendizagem é uma meta constante de todo professor que tenha interesse legítimo no crescimento dos seus alunos. Entretanto, frequentemente nos vemos expostos a uma gama de modismos ou de propostas, sem o devido fundamento teórico nem comprovação científica da sua validade como método a ser adotado.

Segundo Jonassen (1996), acontece aprendizagem significativa quando os atributos que a descreve, tais como aprendizagem de forma ativa, construtiva, cooperativa, autêntica e intencional, são reconhecidos nos alunos. Neste contexto, a pesquisa nas turmas-alvo do estudo estabeleceu que essa forma de aprender com significado estaria sendo atingida quando do uso do laboratório virtual de aprendizagem Hidrolândia. Conforme mostram os resultados do questionário apresentado aos alunos, os atributos de uma aprendizagem significativa foram reconhecidos na grande maioria dos alunos.

Os testes de conhecimento e aplicação realizados na etapa final da disciplina apontaram um crescimento médio de 1,46 pontos nas notas dos alunos que utilizaram o laboratório virtual. Essa diferença representa um ganho de 23% na compreensão e capacidade de aplicação de conceitos de hidráulica dos alunos que utilizaram o LVA sobre os que não o fizeram.

Assim sendo, o desempenho superior dos usuários do Hidrolândia, tanto em termos de conceitos quanto de notas que avaliaram conhecimento e aplicação, parece ter sido motivado pelo cumprimento dos requisitos de uma aprendizagem significativa, associado ao uso do LVA. Estes resultados são coerentes aos dados obtidos por Xu (2014). A comparação direta de desempenho entre grupos que utilizaram laboratórios reais e virtuais mostrou que, embora se possa ter maior aprendizagem utilizando somente simulações, os maiores ganhos ocorrem quando os meios virtuais somam-se aos experimentos reais. Esta constatação mostra-se coerente com resultados das pesquisas obtidos por Schaf et al. (2009) e Abdulwahed (2013), quando do uso de técnicas chamadas de *blended learning* (laboratório real mais o laboratório virtual).

Se uma instituição de ensino superior puder contar com recursos suficientes para apresentar aos alunos essas duas vivências (laboratórios reais e virtuais), estas, comprovadamente, são as que geram o melhor desempenho para os seus alunos. Além disto, evidências recentes também sugerem que, quando a experimentação virtual é usada, concomitante ou anteriormente à experimentação física, os ganhos de aprendizagem são

iguais, se não maiores (ZACHARIA 2007; AKPANAND, STRAYER 2010; JAAKOLA et al.2011; LIU 2006).

Esta corroboração é importante, pois, vai ao encontro de resultados obtidos nesta tese, onde, quando se pretendia achar uma ordem de sequência entre os experimentos virtuais e reais, os alunos participantes na pesquisa responderam em 78,6% deles, indicando que preferiam fazer primeiro o LVA e depois a prática real, assim como afirmaram também que 93,1% dos alunos sentiram-se mais capacitados a executar a prática laboratorial após a utilização do LVA.

Entretanto, foi comprovado que, em ambientes em que as práticas reais não possam ser executadas, o uso de laboratórios virtuais de aprendizagem, como o Hidrolândia, pode suprir essa carência, fato este que se mostra coerente com resultados de Sheorey (2014), Farrokhnia e Esmailpour (2010), que mencionam que um LVA devidamente desenvolvido e aplicado pode substituir uma prática laboratorial real com sucesso.

Djeghloud (2012), em seus estudos com alunos graduandos da engenharia elétrica, ao utilizar laboratórios virtuais, verificou que, ao realizar as suas práticas primeiro no laboratório virtual, os alunos podem pré-determinar algumas características de máquinas elétricas convencionais e, em seguida lidar, com testes de segurança no laboratório real para validar as suas simulações. Deste modo, eles podem ter menos medo de errar e se sentirem mais seguros ao realizar o experimento real.

Constatou-se, também, maior motivação para o aprendizado, na medida em que o laboratório permitia adequar o tempo de aprendizagem a cada um dos estudantes individualmente, além de oferecer formas alternativas de estudo dos temas trabalhados. Contudo, Iowa (1999) argumenta que o LVA não deve ser visto como um substituto do laboratório real, mas sim como uma ferramenta complementar, e esta afirmação do pesquisador é semelhante à percepção que os alunos envolvidos nesta pesquisa tiveram, pois, quando questionados se os alunos viam o LVA como complemento da prática laboratorial ou como substituto da mesma, 90,1% afirmaram que viam o LVA como complemento da prática laboratorial. Pesquisas de Pyatt (2009) corroboram isto também, pois, segundo o pesquisador, embora a adoção de experiências virtuais tenha sido até agora recebida com alguma resistência, ela é vista como um acessório ou complemento, mas não como substituto do experimento físico.

Deve-se aqui relatar sucintamente algumas dificuldades que poderiam ter contribuído para uma melhora ainda maior em termos de aprendizagem por parte dos alunos que utilizaram o LVA Hidrolândia, caso pudesse ter havido correções: os testes realizados para a

pesquisa não valiam nota e isto foi comentado em algumas oportunidades pelos professores da disciplina antes do teste, acreditando que isto tenha sido um fator de potencial desestímulo ao esforço de realizar uma boa prova para ajudar no conceito da disciplina; alguns professores não cobravam presença em aula o que por muitas vezes havia uma quantidade pequena de alunos em aula, a não entrega por parte dos alunos dos questionários de pesquisa, tendo reduzido a população pesquisada; além disso, poderia ter havido mais tempo para adequar devidamente os preceitos da aprendizagem significativa abordados neste trabalho, mas que não puderam ser assim apresentados pela limitação de horários dentro das disciplinas onde se elaborou a pesquisa.

8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

No que diz respeito aos resultados qualitativos, isto é, àqueles relacionados à aceitação e auto percepção de aprendizagem por parte dos alunos, as entrevistas realizadas mostraram que estes não apenas aceitaram com naturalidade o uso de um laboratório virtual, como também consideraram uma atividade agregadora de valor. As manifestações nesse sentido foram majoritariamente de que o laboratório virtual cumpriu funções como a de sedimentar conhecimentos teóricos, oriundos das aulas expositivas, indo, muitas vezes, além desse patamar. A grande maioria dos alunos declarou que o laboratório virtual complementou conceitos vistos em aula, deixando claro como estes se aplicam na prática.

Em relação à abrangência do conteúdo do LVA como prática laboratorial, 68,8% disseram que foi a quantia certa, não havendo alunos dizendo não ter sido suficiente. Ao comparar o laboratório virtual com práticas tradicionais, 61,1% disseram que este tem a mesma abrangência do material real e 38,9% manifestaram acreditar que a abrangência é ainda maior. Além disso, o estudo permitiu uma maior compreensão sobre o que o aluno espera em termos de interação com este tipo de recurso educacional, tanto no que diz respeito aos seus componentes quanto à sua forma de aplicação. Os resultados apresentados descrevem, portanto, qual a percepção dos alunos em relação ao LVA aplicado durante as disciplinas de graduação, bem como os ganhos em termos de aprendizagem em mecânica dos fluidos através do uso deste recurso pedagógico.

A estrutura do laboratório virtual, associada à forma como este foi aplicado, teve como resultado uma grande aprovação por parte dos alunos, os quais manifestaram ter apreciado a experiência, bem como considerado que esta foi agregadora de valor.

Quando analisados os resultados do uso do LVA em termos de desempenho, foi possível comprovar que os ganhos de conhecimento e de capacidade de aplicação foram significativamente superiores às práticas tradicionais. O percentual de conceitos de aprovação (A, B e C) foi superior nas turmas em que o laboratório foi utilizado, quando comparado às turmas que não o utilizaram. Além disso, ficou comprovado que o percentual de repetência e desistência (reprovação por falta de frequência) é menor nas turmas que usaram o simulador Hidrolândia.

Em relação à percepção de aprendizagem por parte dos alunos, os mesmos disseram ter aprendido razoavelmente (53%) a muito (44%) com o LVA, sendo que 56% tiveram a percepção de que aprenderam mais do que com a prática tradicional e 44% praticamente o mesmo. Além disso, 79% acham que é importante estar aprendendo novos conteúdos com

este tipo de recurso e 84% informaram ter gostado muito do LVA, sem manifestações de que não gostaram desse recurso.

Mais importante do que estes aspectos, entretanto, há a intensa manifestação dos alunos de que o estudo do tema tornou-se muito mais atraente. Estes resultados estão alinhados com os atributos da aprendizagem significativa apresentados por Jonassen, que propõe que ocorre aprendizagem significativa quando esta for ativa, construtiva, cooperativa, autêntica e intencional.

Finalmente, destaca-se o cumprimento dos objetivos desta tese, podendo trazer contribuições significativas em termos de aprendizagem na área de mecânica dos fluidos e hidráulica, promovendo o uso de laboratórios virtuais de aprendizagem que, como 100% dos alunos citaram, deve-se aperfeiçoar materiais instrucionais deste tipo para complementar a aula tradicional, no ensino em outras áreas da engenharia, e recomendado por 95,4% dos alunos que outros alunos tenham o mesmo tipo de experiência com LVA de algum tipo, para testar e representar situações reais como práticas de laboratório.

Verifica-se, também, que é imprescindível na engenharia ter aulas experimentais para solidificar conhecimentos teóricos, e que em locais em que possa haver uma consorciação de aula prática em laboratórios reais e também com laboratórios virtuais, esta é a melhor concepção pedagógica, onde os alunos obtêm um melhor desempenho.

Do ponto de vista de trabalhos futuros, o LVA Hidrolândia por ser uma estrutura modular, pode receber novos módulos de outras práticas laboratoriais no futuro. Além disso, tutoriais mais detalhados podem ser incorporados à mesma, sendo que este detalhe foi uma das sugestões por parte dos alunos, onde houvesse um detalhamento maior em relação às equações da mecânica dos fluidos.

Durante esta pesquisa, também foram rastreados, em termos de notas e conceitos, os alunos que participaram desta pesquisa até chegarem na próxima disciplina curricular, chamada de Hidráulica, ministrada também no IPH, ou seja, os alunos, ao finalizarem a disciplina de mecânica dos fluidos, cursam a disciplina de hidráulica na sequência; portanto, a mecânica dos fluidos é uma disciplina pré-requisito, ou uma disciplina onde os conceitos subsunçores da hidráulica são abordados, ou seja, o conhecimento prévio para poder cursar a disciplina de hidráulica. Isto faz com que possamos verificar, estatisticamente, se o uso do LVA Hidrolândia numa disciplina de conceitos subsunçores da Hidráulica pode ter afetado positivamente os alunos cursando a outra disciplina, de maneira que estes tenham obtido melhores resultados.

Foram acompanhados durante 3 semestres na disciplina de Hidráulica os alunos que tinham frequentado a disciplina de mecânica dos fluidos anteriormente, e como nem todos os alunos conseguem cursar as disciplinas seriadas sequencialmente, conforme a grade curricular, não se teve um número expressivo de alunos que pudessem comprovar estatisticamente esta questão. Mesmo assim, 25 alunos que utilizaram o LVA em disciplinas de mecânica dos fluidos cursaram a disciplina de Hidráulica, havendo indícios de que o LVA tenha contribuído para obter melhores notas na disciplina de Hidráulica; porém, não podendo provar estatisticamente, possivelmente sendo assunto para poder explorar em nova pesquisa, quem sabe até num pós-doutorado.

Como evoluções futuras, o personagem virtual animado, Prof. Hidro, deverá ter um suporte a banco de dados Mysql, contendo uma base informativa sobre mecânica dos fluidos e hidráulica, permitindo ser questionado com palavras-chave pelos alunos, podendo oferecer suporte ou respostas baseado na sua base de conhecimento armazenada no banco a perguntas em modo texto que os alunos possam elaborar, oferecendo um suporte mais especializado deste agente pedagógico.

Além disso, já está sendo elaborado um livro provisoriamente intitulado de “Unindo tecnologia e ensino”, contendo todo o histórico desta pesquisa, os artigos elaborados, todo o material pesquisado durante o transcurso da pesquisa e a disponibilização do LVA.

REFERÊNCIAS

- ABDULWAHED, Mahmoud; NAGY, Zoltan K. Developing the TriLab, a triple access mode (hands-on, virtual, remote) laboratory, of a process control rig using LabVIEW and Joomla. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 21, n. 4, p. 614-626, Dec. 2013.
- ABDULWAHED, M.; NAGY, Z. K. The trilab, a novel ict based triple access mode laboratory education model. **Computers & Education**, 56, 262-274, 2011.
- ALEXIOU, Antonios; BOURAS, Christos; GIANNAKA, Eri. Virtual laboratories in education. A cheap way for schools to obtain laboratories for all courses, by using the computer laboratories. 2002. Disponível em: <<http://ru6.cti.gr/publications/1009.pdf>>. Acesso em: 5 de setembro de 2012.
- Al-ZHRANI, Fahad. Web-based learning and training for virtual Metrology lab. **Journal of Telecommunications**, London, v. 1, n. 2, p.42-54, Mar. 2010.
- AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**: an introduction to school learning. New York: Grune & Stratton, c1963. 255 p.
- AZAMBUJA, C. R. J.; SILVEIRA, F. A. R.; GONÇALVES, N. S. Tecnologias síncronas e assíncronas no ensino de cálculo diferencial e integral. In: CURY, H. N. **Disciplinas matemáticas em cursos superiores: reflexões, relatos, propostas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004. p. 225-243.
- 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: <<https://scholar.google.com.br/citations?user=iU1FicIAAAAJ&hl=en&ccstart=20&pagesize=20>>. Acesso em: 22 ago. 2014.
- BARRIOS, A. et al. A multi-user remote academic laboratory system. **Computers & Education**, 62(2013), 111–122, 2013.
- BARROS, Beatriz; READ, Timothy; VERDEJO, M. Felisa. Virtual collaborative experimentation: an approach combining remote and local labs. **IEEE Transactions on Education**, New York, v. 51, n. 2, p. 242-250, May 2008.
- 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.

BELL, R. L., e TRUNDLE, K. C. The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. **Journal of Research in Science Teaching**, 45(3), 346-372, 2008.

BILLHARDT, Bjorn. The promise of online simulations. Feb. 2004. Disponível em: <<http://www.clomedia.com/content/templates/clofeature.asp?articleid+382&zoneid=29> >. Acesso em: 14 out. 2013.

BLIKSTEIN, P. et al. Bifocal modeling: mixing real and virtual labs for advanced science learning. In 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTION DESIGN AND CHILDREN. **Anais...** (pp. 296e299). ACM, 2012.

BRANOVIC, Irina et al. Development of modular virtual lab for introductory computing courses. In: IEEE Global Engineering Education Conference, 2013, Berlin, Germany. **Proceedings**. [New York]: IEEE, 2013. p. 1027-1031.

CALLAGHAN, Michael, J. et al. Client-server architecture for collaborative remote experimentation. **Journal of Network and Computer Applications**, Northland, v. 30, p. 1295-1308, set/2007.

CANTO, A. B. DO et al. Evasão e retenção em cursos de engenharia. In: OLIVEIRA, V. F.; CHAMBERLAIN, Z. M. (Eds.). **Desafios da educação em engenharia: vocação, formação, exercício profissional, experiências metodológicas e proposições**. Brasília: ABENGE, 2012. p. 167-205.

CANTO, A. B. DO. MOTRAC - **Modelo de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual**. 2015. 137 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

CARDOSO, Silvia 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: 28 jan. 2012.

CHIU, J. L. et al. The effects of augmented virtual science laboratories on middle school students' understanding of gas properties. **Computer & Education**, 85 (2015) p. 59-73.

CHIU, J. L.; LINN, M. C. Supporting knowledge integration in chemistry with a visualization-enhanced inquiry unit. **Journal of Science Education and Technology**, 23(1), 37-58, 2014.

CORRÊA, Geny D.; CORRÊA, Carlos J.; SANTOS, Víctor B. O Laboratório de aprendizagem e a reconstrução do conhecimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA -COBENGE, 2001.

DALGARNO, Barney et al. Effectiveness of a Virtual Laboratory as a preparatory resource for Distance Education chemistry students. **Computers & Education**, v. 53, p. 853-865, Mai/2009.

DE JONG, T.; NJOO, M. Learning and instruction with computer simulation: learning processes involved. In: CORTE, E. de et al. **Computer-based learning environments and problem solving**. Berlin: Springer-Verlag, 1992. p. 411-427.

DE JONG, T., LINN, M. C., ZACHARIA, Z. C. Physical and virtual laboratories in science and engineering education. **Science**, 340(6130), 305-308, 2013.

DIWAKAR, Anita et al. Control systems virtual labs: pedagogical and technological perspectives. In: IEEE International Conference on Control Applications, 2013, Hyderabad, India. **Proceedings**. [New York]: IEEE, 2013. p. 483-488.

DIWAKAR, Anita S.; NORONHA, Santosh B.; AGASHE, Sudhir. Virtual and remote triggered industrial automation labs: collaboration case study. In: International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, 12., 2015, Bangkok, Thailand. **Proceedings**. [New York]: IEEE, 2015. p. 127-130.

DIWAKAR, Anita S. et al. Complementing Education via Virtual Labs: Implementation and Deployment of Remote Laboratories and Usage Analysis in South Indian Villages. **International Journal of online Engineering**. v12. n. 03, p. 8-15, 2016.

DORMIDO, S. Control learning: present and future. In: IFAC World Congress, 15., 2002, Barcelona. **Proceedings**. Oxford: Pergamon, 2003. p. 314-319.

ERICKSON, G., TIBERGHIE, A. Heat and temperature. In DRIVER, R., GUESNE, E.; TIBERGHIE (Eds.). **Children's ideas in science** (pp. 52-83). Philadelphia: Open University Press, 1985.

FARROKHANIA, M. R.; ESMAILPOUR, A. A study on the impact of real, virtual and comprehensive experimenting on students' conceptual understanding of DC electric circuits and their skills in undergraduate electricity laboratory. **Procedia: social and behavioral sciences**, Amsterdam, v. 2, n. 2, p. 5474-5482, 2010.

FERNANDES, J. C. O mapa do apagão dos engenheiros no Brasil. XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2013. **Anais...** Gramado: 2013

FEISELI, L. D.; ROSA, A. J.. The role of the laboratory in undergraduate engineering education. **Journal of Engineering Education**, 94, 121-130, 2005.

FOCKING, Gerson P. Um estudo sobre técnicas de avaliação de software educacional. **Journal of Educational Computing Research**, Farmingdale, v. 12, 1999. Disponível em: <<http://www.epicent.com/journals/header.html>>. Acesso em: 05 jan. 2012.

FINKELSTEIN, N., ADAMS, W., KELLER, C., KOHL, P., PERKINS, K., PODOLEFSKY, N., et al. When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, 1(1), 1-8, 2005.

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**, v. 25, n. 3, Set 2003

FRERICH, Sulamith et al. Virtual labs and remote labs: practical experience for everyone. In: IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE, 2014, Istanbul, Turkey. **Proceedings**. [New York]: IEEE, 2014. p. 312-314.

GABEL, D. Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future. **Journal of Chemical Education**, 76(4), 548, 1999.

GABER, Amira; NASEEF, Omnia A.; ABDELBAKI, Nashwa. Creating an innovative generic virtual learning lab. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTER AND INFORMATION TECHNOLOGY, 2013, Sousse, Tunisia. **Proceedings**. [New York]: IEEE, 2013. 6 f.

GIRE, E., CARMICHAEL, A., CHINI, J. J., ROUINFAR, A., REBELLO, S., SMITH, G., et al. (2010). The effects of physical and virtual manipulatives on students' conceptual learning about pulleys. In GEOMEZ, K.; LYONS, L.; RADINSKY, J. (Eds.). **Learning in the disciplines: Proceedings of the 9th international conference of the learning sciences (ICLS 2010)** (Vol. 1, pp. 937e944).

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

GOUVEIA, Luís Manuel Borges; CAMACHO, Maria de Lurdes. **Criação de espaços de informação interactivos: ambiente de aprendizagem para a cadeira de “Sistemas de Informação”**. 1998. Disponível em: <http://www2.ufp.pt/~lmbg/com/pdfs/simp98_esp-info.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2012.

HERADIO, R. et al. Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. **Computers & Education**, v.98, pp. 14-38, 2016.

HENNESSY, S. et al. Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching. **Computers & Education**, 48(1), 137-152, 2007.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. **Science Education**, 88(1), 28-54, (2004).

HONEY, M. A.; HILTON, M. L. (Eds.). **Learning science through computer games and simulations**. Washington, DC: National Academy Press, 2011.

HSU, Y. S.; THOMAS, R. A. The impacts of a web-aided instructional simulation on science learning. **International Journal of Science Education**, London, v. 24, p. 955-979, 2002.

HUANG, Y.-M.; CHIU, P.-S.; LIU, T.-C.; CHEN, T.-S. The design and implementation of a meaningful learning-based evaluation method for ubiquitous learning. **Computers & Education**, Elmsford, v. 57, n. 4, p. 2291-2302, Dec. 2011.

HUPPERT, J.; LAZAROWITZ, R. Computer simulations in the high school: students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology. **International Journal of Science Education**, London, v. 24, p. 803-821, 2002.

HWANG, Y. K.; ADEBA, A. D.; BOLANDER, J. E.; LIM, Y. M. "Build-up virtual laboratory for reinforced concrete structures to enhance understanding design requirements," in Interactive Collaborative Learning (ICL), Florence, Italy, Sept 2015, pp. 330-333.

HEOFFLER, T. N.; LEUTNER, D. Instructional animation versus static pictures: a meta-analysis. **Learning and Instruction**, 17, 722-738, 2007.

IOWA, Ames. **Report of the Expert Meeting on Virtual Laboratories**. Paris: Unesco, 2000.

JAAKKOLA, T., NURMI, S., VEERMANS, K. A comparison of students' conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation-laboratory contexts. **Journal of Research in Science Teaching**, 48(1), 71-93, 2011.

JONASSEN, D. **Educational Psychology and learning technologies**. 2010. Disponível em: <http://web.missouri.edu/jonassend/index.html>. Acesso em 22/07/2012.

JONASSEN, D. H. **Computers as mindtools for schools: engaging critical thinking**. 2.ed. Upper Saddle River, NJ: Merrill, 2000. 297 p.

JONASSEN, D. H. Supporting communities of learners with technology: a vision for integrating technology with learning in schools. **Educational Technology**, Englewood Cliffs, NJ, v. 35, n. 4, p. 60-63, 1995.

JONASSEN, D.; CARR, C. **Mind Tools: Provide multiple knowledge representations for learning**. In computers as cognitive tools, v. 2: No more walls. 2000 (Chapter 6). Disponível em <http://web.missouri.edu/jonassend/Mindtoolschapter.pdf>. Acesso em 22/07/2012.

JONASSEN, D.H.; LAND, Susan. **Theoretical Foundations of learning environments**. 2.ed. Nova York: Routledge, 2012.

JONASSEN, D.H.; MYERS, J.M.; MCKILLOP, A.M. From constructivism to constructionism: learning with hypermedia/multimedia rather than from it. In: WILSON, B.G. (Ed.). **Constructivist learning environments: case studies in instructional design**. Englewood Cliffs (NJ): Educational Technology Publications, 1996. p.9-106.

JONASSEN, D.H.; PECK, K.C.; WILSON, B.G. **Learning with technology in the classroom: a constructivist perspective**. Columbus (OH): Prentice-Hall. In press, 1999.

JONASSEN, David H. 1994. Pensando Tecnologia: Rumo a um Modelo de Design construtivista. **Tecnologia Educacional**, 34 (4), pp 34-37.

JONASSEN, David H. **Computers in the Classroom: mindtools for critical thinking** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1996.

JONASSEN, David H.; PECK, Kyle L.; WILSON, Brent G. **Learning with Technology – A Constructivist Perspective**. New Jersey, Columbus, Ohio: Merrill, an imprint of Prentice Hall, 1999.

JONASSEN, David H.; PECK, Kyle L.; WILSON, Brent G. **Learning with Technology – A Constructivist Perspective**. New Jersey, Columbus, Ohio: Merrill, an imprint of Prentice Hall, 1999.

JONASSEN, David. H. O Uso das Novas Tecnologias na Educação à Distância e a Aprendizagem Construtivista. In: **Em Aberto**. Brasília, n.70, abr/jun. 1996.

JONES, M. G.; CARTER, G., RUA, M. J. Exploring the development of conceptual ecologies: communities of concepts related to convection and heat. **Journal of Research in Science Teaching**, 37(2), 139-159,2000.

KAPP, K. M.; O'DRISCOLL, T. **Learning in 3D: adding a new dimension to enterprise learning and collaboration**. San Francisco, CA: Pfeiffer, 2010. 389 p.

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: 02 mai. 2012.

KLahr, D, Triona LM, Williams C () Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children. **J Res Sci Teach**, 44(1):183–203, 2007.

KOREY, C. A. Teaching undergraduate neuroscience in the digital age. **J. Undergrad. Neurosci. Educ.**, v. 8, n. 1, pp. A55–7, Jan. 2009

KLEINHAPPEL, M.Caroline Melissa; PALHARES, Juliana Barbosa; LUVIZOTTO JÚNIOR, Edevar. Laboratório virtual de mecânica do fluidos. In: CONGRESSO LATINOAMERICADO DE HIDRÁULICA, 2004. **Anais...** São Paulo: UNICAMP.

LACAZ, T. M. V. S.; CARVALHO, M. T. L.; FERNANDES, J. A. S. Implicações das dificuldades dos alunos na aprendizagem da disciplina Cálculo Diferencial e Integral I da FEG/UNESP para as práticas pedagógicas. In: XXXV - CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. Curitiba: Abenge, **Anais...** URPR, PUCPR, UTPR, 2007.

LUNETTA, V. N.; HOFSTEIN, A.; CLOUGH, M. P. Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory, and practice. In ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. H. (Eds.) **Handbook of research on science education** (pp. 393e441). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007.

LIU, X. Effects of combined hands-on laboratory and computer modeling on student learning of gas laws: a quasi-experimental study. **Journal of Science Education and Technology**, 15(1), 89-100, 2006.

LUSTIGOVA, Zdena; NOVOTNA, Veronika. The role of virtual and remote labs in promoting conceptual understanding of students. In: International Conference on Interactive Mobile and Computer Aided Learning, 2012, Amman, Jordan. **Proceedings**. [New York]: IEEE, 2012. p. 42-47.

MACIAS, R.; PINZI, S.; JIMENEZ, M.; DORADO, G. Virtual laboratory on biomass for energy generation. **Journal of Cleaner Production**. v.112, p.3842-3851, 2016.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARCONI; Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, de elaboração, análise e de interpretação de dados. São Paulo: Atlas, 2008.

MARTIN, Sergio et al. DIEEC (Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control), UNED. **IE Comunicaciones: revista iberoamericana de informática educativa**, Madrid, n. 15, p. 27-36, Jan/jun. 2012.

MARTINEZ, G. F. L. et al. Comparative study of the effectiveness of three learning environments: Hyper-realistic virtual simulations, traditional schematic simulations and traditional laboratory, **Physical Review Special Topics-Physics Education Research**, v. 7, n. 2, 2011.

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/cong1996/congresso.html/120/ponecol.htm>>. Acesso em: 23 dez. 2012.

MARTIN-VILLALBA, C.; URQUITA, A.; DORMIDO, S. Object-oriented modelling of virtual-labs for education in chemical process control. **Computers and Chemical Engineering**, Amsterdam, v. 32, n. 12, p. 3176-3186, Dec. 2008.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing**. Edição Compacta. São Paulo: Atlas, 1999.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: LF, 2011. 179 p.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: um conceito subjacente. 1997. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>>. Acesso em 27 Set. 2015.

MUSTAFAS, S, Ayas; ALTAS, I, H. A Virtual Laboratory for System Simulation and Control With Undergraduate Curriculum. Effectiveness of a Virtual Laboratory as a preparatory resource for Distance Education chemistry students. **Comput Appl Eng Educ**. v. 24, p. 122-130, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL [NRC]. **America's lab report**: Investigations in high school science. Washington, DC: National Academy Press, 2006.

NEDIC, Z.; MACHOTKA, J.; NAFALSKI, A. Remote laboratories versus virtual and real laboratories. In: PROC. OF THE 33RD ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, pp. T3E-1-6. **Anais...** Boulder, Colorado, USA, Nov 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/fie.2003.1263343>. Acesso em 13/06/2016.

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.

NICKERSON, J. V et al. A model for evaluating the effectiveness of remote engineering laboratories and simulations in education. **Computers & Education**, v. 49, pp. 708–725, 2007.

NIPPERT, C., “Online Experiments—The Results of the Online Widener Laboratories,” In: 32ª ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, **Anais...** Boston Mass., Nov 6-9, 2002, pp. T2E-12-T2E- 17.

ODEH, Salaheddin. A web-based remote lab platform with reusability for electronic experiments in engineering education. **International Journal of Online Engineering: iJOE**, Wien, v. 10, n. 4, p. 40-45, 2014.

OLYMPIOU, G.; ZACHARIA, Z. Blending physical and virtual manipulatives: an effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. **Science Education**, 96(1), 21 e 47 (2012).

OLIVEIRA, Vanderli Fava de. 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.

OSTROUKH, A. V.; NIKOLAEV, A. B. Development of virtual laboratory experiments in iLabs. **International Journal of Online Engineering: iJOE**, Wien, v. 9, n. 6, p. 45-47, Nov. 2013.

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 05/07/2012.

PARK, S. H.; ADEBA, A.D.; HWANG, Y. K.; BOLANDER, J. E.; LIM, Y. M. A Built-up Virtual Laboratory to Enhance understanding of Concrete Structure Design Requirement. **International Journal of online Engineering**. v12. n. 03, p. 46-52, 2016.

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

PATI, B.; MISRA, S.; MOHANTY, A. A model for evaluating the effectiveness of software engineering virtual labs In: PROC. IEEE INT. CONF. TECHNOL. ENHANCED EDUC., **Anais...** Jan. 2012, pp. 1_5.

PAZ, R. A.; BARBOSA, E. A.; AZEVEDO, L. G. Evasão e repetência: o caso do curso de licenciatura em química da UEPB. In: XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. **Anais...** Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande, 2005.

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.

PYATT, K. Case for simulations. In: GIBSON, I et al. (eds). **Proceedings of society for information technology & teacher education international conference (SITE)**, Charleston, South Carolina, USA, (pp 1541–1544). AACE, Chesapeake, VA, 2009.

PYATT, Kevin; SIMS, Rod. Virtual and physical experimentation in inquiry-based science labs: attitudes, performance and access. **Journal of Science Education and Technology**, New York, v. 21, p. 133-147, 2012.

RAMOS-PAJA, Andrés C.; SCARPETTA, José M. R.; MARTÍNEZ-SALAMERO, Luis. **Integrated Learning Platform for Internet-Based Control-Engineering Education**. 2010. IEEE Transation Industrial Eletronics, 2010.

RANJAN, B. Virtual labs project: a paradigm shift in internet-based remote experimentation. **IEEE ACCESS**, New York, v. 1, p. 718-725, Oct. 2013.

RAY, Sandipan et al. Virtual labs in proteomics: new E-learning tools. **Journal of Proteomics**, Amsterdam, v. 75, n.9, p. 2515-2525, May 2012.

REIS, Ernesto Macedo; REZENDE, Flavia; Barros, SUSANA de Souza. **Desenvolvimento e Avaliação de um ambiente construtivista de aprendizagem à distância para a formação continuada de professores de física do norte-fluminense**. 2001. Disponível em: <http://www.abed.org.br/antiga/htdocs/paper_visem/ernesto/ernesto_macedo_reis.htm>. Acesso em: 25 out. 2007.

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

SALAHEDDIN, O.; SHANAB, S. A.; ANABTAWI, M. Augmented Reality Internet Labs versus its Traditional and Virtual Equivalence. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**. v. 10, n. 3, p. 4-9, 2015.

SAVERY, J., DUFFY, T.M. Problem based learning: an instructional model and its constructivist framework. In: WILSON, B.G. (Ed.). **Designing constructivist learning environments**. Englewood Cliffs (NJ): Educational Technology Publications, 1995.

SCHAF, F. M. et al. Collaborative learning and engineering workspaces. **Annual Reviews in Control**, Amsterdam, v. 33, n. 2, p. 246-252, Dec. 2009.

SMITH, G. W.; PUNTAMBEKAR. Examining the combination of physical and virtual experiments in an inquiry science classroom. In: PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON COMPUTER BASED LEARNING IN SCIENCE, **Anais...** Warsaw, Poland, 2010.

SCHIMIDT, Marcelo A. R.; TAROUCO, Liane M. R. Metaversos e laboratórios virtuais – possibilidades e dificuldades. **Revista de Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p 1-12, jul/2008.

SELL, Raivo; RÜÜTMANN, Tiia; SEILER, Sven. Inductive teaching and learning in engineering pedagogy on the example of remote labs. **International Journal of Engineering Pedagogy: iJEP**, Kassel, v. 4, n. 4, p. 12-15, 2014.

SHEOREY, Tanuja. Empirical evidence of relationship between virtual lab development and students learning through field trials on Vlab on Mechatronics. **International Journal of Information and Education Technology**, v. 4, n. 1, p. 97-102, Feb 2014.

SILVA, V. C; CORREA, M. V; TAKAHASHI, R. H. C; LIMA, M. L. R. A reprovação no curso de engenharia elétrica do Unileste-MG: uma investigação baseada na visão dos alunos. In: XXXIII - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. **Anais...** Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande, 2005.

SNIR, J. et al. **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).

STEFANOVIC, M. The objectives, architectures and effects of distance learning laboratories for industrial engineering education. **Computers & Education**, Elmsford, v. 69, p. 250-262, Nov. 2013.

TANYILDIZI, E, A. Orhan, "A virtual electric machine laboratory for synchronous machine application", **Computer Application in Engineering Education**, v. 17, Issue 2, pp. 187-195, June 2009.

TAO, P.; GUNSTONE, R. The process of conceptual change in force and motion during computer supported physics instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 36, p. 859-882, 1999.

TATLI, Zeynep; Ayas, Alipasa. Virtual laboratory applications in chemistry education. **Procedia: social and behavioral sciences**, Amsterdam, v. 9, p. 938-942, 2010.

TEIXE, R. C. G. A Avaliação da Avaliação no processo ensino-aprendizagem - Estudo de casos na Engenharia. XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. **Anais...** Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande, 2005.

TETOUR, Y; BOEHRINGER, D.; RICHTER, T. Integration of Virtual and Remote Experiments into Undergraduate Engineering Courses", 41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, **Anais...** October 12 - 15, 2011, Rapid City, SD

TIBOLA, Leandro Rosniak; PEREIRA, Carlos Eduardo; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Improving performance to engineering students through virtual labs and its monitoring in cockpit. **International Journal of Engineering Pedagogy: iJEP**, Kassel, v. 4, n. 4, p. 43-50, 2014.

TOMIC, J. et al. A virtual laboratory for teaching frequency estimation techniques. In: International Power Electronics and Motion Control Conference, 15: 2012 : Novi Sad, Serbia. **Proceedings**. [New York]: IEEE, 2012. DS3e.1-p. 1-6.

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.

TRIONA, L.; KLAHR, D. Point and click or grab and heft: comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. **Cognition and Instruction**, 21, 149-173, 2003.

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre, Rs. Brasil). Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação. Oscar Eduardo Patrón Guillermo; Luiz Augusto Magalhães Endres. **Hidrolândia: Laboratório Virtual de Aprendizagem em Mecânica dos Fluidos**. BR nº BR 51 2013 000432-2, 08 abr. 2014, 02 maio 2013.

VAN JOOLINGEN, W.; ZACHARIA, Z. C. Developments in inquiry learning. In BALACHEFF, N. et al. (Eds.), *Technology-enhanced learning: A kaleidoscope view* (pp.21e37). Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2009.

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: 07 jun. 2013.

VELJKO, Potkonjak. et al. **Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review**. V.95, p. 309-327, 2016.

WANG, J.; GUO, D.; JOU, M. A study on the effects of model-based inquiry pedagogy on students' inquiry skills in a virtual physics lab. **Computers in Human Behavior**. v 49, 658–669, 2015.

WOLF, Tilman. Assessing student learning in a virtual laboratory environment. **IEEE Transactions on Education**, New York, v. 53, n. 2, p. 216-222, May 2010.

XU, Le; HUANG, Dijiang; TSAI, Wei-Tek. Cloud-based virtual laboratory for network security education. **IEEE Transactions on Education**, New York, v. 57, n. 3, p. 145-150, Aug. 2014.

ZACHARIA, Z. C. Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 40, p. 792-823, 2003.

ZACHARIA, Z. C. Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. **Journal of Computer Assisted Learning**, Oxford, v. 23, p. 120-132, 2007.

ZACHARIA, Z. C.; ANDERSON, O. R. The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing laboratory inquiry-based experiments on students' conceptual understanding of physics. **American Journal of Physics**, New York, v. 71, p. 618-629, 2003.

ZACHARIA, Z. C.; OLYMPIOU, G.; PAPAERVIPIDOU, M. Effects of experimenting with physical and virtual manipulative on students' conceptual understanding in heat and temperature. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 45, n. 9, p. 1021-1035, 2008.

ZACHARIA, Zacharias C.; OLYMPIOU, Georgios. Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, Oxford, v. 21, n. 3, p. 317-331, June 2011.

ZERVAS, Panagiotis et al. Towards competence-based learning design driven remote and virtual labs recommendations for science teachers. **Technology, Knowledge and Learning**, Dordrecht, v. 20, n. 2, p. 185-199, July 2015.

ZERVAS, Panagiotis; KALIMERIS, Ioannis; SAMPSON, Demetrios G. A method for developing mobile virtual laboratories. In: IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 14., 2014, Athens, Greece. **Proceedings**. [New York]: IEEE, 2014. p. 8-10.

ZHAO, Hongduo; ZHENG, Yi; SUN, Yanna. Virtual laboratory system for road engineering. In: GEOSHANGHAI INTERNATIONAL CONGRESS, 2014, Shanghai, China. **New frontiers in geotechnical engineering**: selected papers from the proceedings. Reston: ASCE, 2014. p. 169-178.

ANEXO A - QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Pesquisas Hidráulicas

Prezado estudante



Você está recebendo um formulário de avaliação em relação ao Laboratório Virtual de Aprendizagem - LVA, 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 Laboratório Virtual de Aprendizagem – LVA, das respectivas práticas, realizadas no próprio laboratório de hidráulica. Estamos interessados em avaliar de vários modos o grau em que este recurso satisfaz suas necessidades e até que ponto este formato de Laboratório Virtual de Aprendizagem afetou ou satisfaz 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.

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

Prof. Luiz Augusto Magalhães Endres

Oscar Eduardo Patrón Guillermo – Doutorando Informática na Educação



Nome do aluno: _____

Seção A:

1. A que engenharia pertences?

(....) Ambiental (....) Civil (....) Hídrica

2. Estas cursando a disciplina pela primeira vez ou estás repetindo?
(.....) Primeira vez (.....) Estou repetindo

3. Como avalias teu desempenho na disciplina até o momento?
(.....) Bom (.....) Médio/regular (.....) Insuficiente

4. No caso de estar repetindo ou de não estar obtendo um bom desempenho na disciplina até o momento, a que atribuis?

5. Quando estudas ou assistes às aulas, qual tua maior preocupação e/ou dificuldade?

6. Consideras que a experiência de simulação no laboratório virtual de aprendizagem contribui (ou não) na compreensão dos conteúdos da disciplina? Explica teu ponto de vista enfatizando os principais aspectos.

7. Que aspectos vivenciados nas simulações realizadas no laboratório virtual podem ser considerados como possíveis facilitadores da aprendizagem. Lista do mais importante ao menos importante:

8. Caso não considere as simulações realizadas no laboratório virtual de aprendizagem um facilitador do teu processo de aprendizagem, podes explicar teu ponto de vista?

Seção B: Abrangência do conteúdo.

- A abrangência do conteúdo do LVA 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 o LVA, na área de hidráulica?

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

Comentários:

- A profundidade do conteúdo abrangido neste LVA 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:

- 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 LVA?

	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 LVA?

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

Comentários:

Seção C: Estratégias de ensino aprendizagem

- 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:

A utilização do LVA permite a manipulação de objetos de aprendizagem virtuais, proporcionando experiências à semelhança da prática real e permitindo observar os efeitos das interações efetuadas?

Sim () Não ()

Você interagiu no LVA de maneira ativa focado no experimento que estava fazendo, observando os resultados desta manipulação?

Sim () Não ()

Você refletiu sobre as atividades que executou no LVA?

Sim () Não ()

Você acha que o LVA proporciona ou pode aumentar a aprendizagem cooperativa entre os alunos, ampliando a cooperação e a troca de informações e experiências, permitindo uma análise em grupo?

Sim () Não ()

Você acha que o LVA tem uma semelhança significativa com o modelo real dos experimentos?

Sim () Não ()

Seção D: Assuntos gerais

- Em que medida 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		

- 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		

- Quanto você gostou deste recurso de LVA, 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:

- 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 no aprendizado?

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

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

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

Seção E: Assuntos gerais

Você preferia ter visto primeiro o LVA 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 ()

Você acha que devem aperfeiçoar-se materiais instrucionais deste tipo, para complementar a aula tradicional, no ensino em outras áreas da Engenharia também?

Sim () Não ()

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

Sim () Não ()

Se você tivesse realizado antes o LAV, teria se sentido mais capacitado a executar a prática laboratorial após a utilização do LVA?

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 - TESTE DE AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTO

Mecânica dos Fluidos II Data:/...../.....

Nome aluno: Matricula:

Em relação ao experimento Aferição de Venturi:

1. Qual a principal razão das vazões teórica e medida não coincidirem se a medição de pressões é feita com o manômetro diferencial?
 - a) No cálculo da vazão teórica não são considerados os efeitos da viscosidade no interior do tubo.
 - b) O manômetro empregado não permite a leitura, sequer aproximada, da diferença de pressões nas seções do tubo.
 - c) A vazão medida é obtida a uma distância muito longa da posição em que se encontra o medidor Venturi.

2. Deveria ser esperada uma relação constante entre as vazões teórica e medida em toda a faixa ensaiada?
 - a) Sim, pois, como se trata do mesmo tubo, embora operado em vazões diferentes, a resposta deve ser uniforme.
 - b) Não, pois esta relação é fortemente influenciada pela velocidade do escoamento que foi variada nas diferentes situações ensaiadas.
 - c) Sim, pois durante o experimento não há variações significativas de temperatura do líquido e pressão atmosférica, que possam alterar o valor da viscosidade do líquido.

3. A relação entre as leituras de desnível no manômetro de mercúrio e vazão medida pelo medidor Venturi apresenta algum comportamento característico em sua curva de ajuste?
 - a) Sim, é esperada uma relação logarítmica.
 - b) Sim, é esperada uma relação linear.
 - c) Não, pois o coeficiente de aferição deve, obrigatoriamente, ser igual à unidade.

Em relação ao experimento de Esvaziamento de reservatório:

4. Qual a razão do esvaziamento inicial do reservatório (quando cheio) ocorrer mais rapidamente do que ao final, quando o reservatório está praticamente vazio.
 - a) Isto não ocorre, pois a velocidade de esvaziamento é constante durante todo o esvaziamento.
 - b) A velocidade do escoamento na saída e, portanto, a vazão, serão maiores, pois dependem do nível de água acima do orifício.
 - c) Este comportamento pode variar em função da densidade do líquido.

5. É possível determinar o coeficiente de descarga do orifício através dos resultados obtidos?
 - a) Sim, mas apenas nos casos em que o orifício tem seção transversal circular.
 - b) Não, pois o coeficiente tem valor unitário em todos os casos.
 - c) Sim, através da comparação entre o tempo medido e o tempo calculado através da equação de conservação de massa.

6. Qual a razão de evitar a realização deste trabalho com níveis de água muito baixos, próximos à geratriz superior do orifício?
 - a) Esta situação conduziria a uma distribuição não uniforme de velocidades na seção do orifício, que é uma das hipóteses de trabalho.
 - b) Apenas para que o tempo decorrido no experimento não seja muito longo, sem qualquer razão de ordem técnica.
 - c) Quando o nível de água aproximar-se da geratriz superior o reservatório interrompe o esvaziamento e o experimento deveria ser encerrado.

Em relação ao experimento de Velocidade em Canal:

7. É possível identificar alguma tendência à variação das velocidades nos perfis ?. Verifique graficamente.
 - a) Não existe tendência nenhuma.
 - b) Velocidades menores no centro do canal.
 - c) As velocidades tendem a ser uniformes.
 - d) Sim, as velocidades são menores junto às fronteiras sólidas.

8. Que propriedade dos líquidos pode melhor servir como justificativa à curvatura dos perfis de velocidades? Justifique.
- Peso específico.
 - Densidade.
 - Aceleração da gravidade.
 - Viscosidade.
9. Para a faixa de velocidades encontradas neste trabalho, seria possível utilizar outros líquidos, de densidades diferentes, no manômetro acoplado à sonda?
- Sim, desde que o líquido manométrico tivesse densidade maior do que a da água. Deve-se tomar cuidado para líquidos com densidades maiores do que a utilizada, pois não permitirão a leitura com precisão de 1mm.
 - Podemos utilizar qualquer outro líquido.
 - Não, só pode ser este líquido manométrico.
10. Para a sonda de Pitot-Prandtl utilizada, com diâmetro externo de 1cm, seria possível posicionar a mesma próximo às fronteiras sólidas do que foi feito ?
- Depende do escoamento.
 - Sim, pois ainda tem uma folga de 0,5 cm.
 - Não, maiores proximidades levarão, certamente, a efeitos indesejados sobre a tomada de pressão estática da sonda.
 - Não, porque a régua de suporte não chega na parede.
11. Que alteração no procedimento das medições seria, provavelmente, eficiente na redução do erro cometido na determinação da vazão experimental?
- Fazer as medições de velocidades numa seção mais próximas à saída do canal.
 - Aumento do número de pontos de medição.
 - Medir velocidades apenas no centro do canal.
 - Fazer as medições de velocidade numa seção bem próxima ao vertedor.
12. Onde se mede a velocidade média?
- Eixo da canalização.
 - Na seção de trabalho, entre as pontas linimétricas de jusante e montante.
 - Nenhum lugar. Obtém-se calculando através da vazão.
 - Junto à superfície.

ANEXO C - REGISTRO DO HIDROLÂNDIA

INPI**PEDIDO DE REGISTRO DE
PROGRAMA DE COMPUTADOR****IDENTIFICAÇÃO DO PEDIDO** (Para uso do INPI)

Número do Pedido

Protocolo, Data e Hora

DADOS DO AUTOR DO PROGRAMANº de Autores **2** Se mais de um, preencha a "Continuação", com todos os dados solicitados neste Quadro. Date e assinse.CPF* **675.779.890-53**Nome **OSCAR EDUARDO PATRÓN GUILLERMO**

Nome Abreviado, pseudônimo ou sinal convencional (se houver)

Data de Nascimento **25/10/1968**Nacionalidade **BRASILEIRA**Endereço **RUA SANTO ANTÔNIO, 276, APT. 23**Cidade **PORTO ALEGRE**UF **RS**País **BR**CEP **90.220-010**Telefone **5130614762**

FAX

E-mail **oepg@iph.ufrgs.br****DADOS DO TITULAR DOS DIREITOS PATRIMONIAIS**Nº de Titulares **1** Se mais de um, preencha a "Continuação", com todos os dados solicitados neste Quadro. Date e assinse.CPF/CNPJ* **92969856000198**Nome/Razão Social **UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**Nome abreviado, pseudônimo ou sinal convencional (se houver) **UFRGS**

Data de Nascimento

Nacionalidade/Origem

Endereço **AV. PAULO GAMA, 110 - REITORIA - 6º ANDAR**Cidade **PORTO ALEGRE**UF **RS**País **BR**CEP **90.040-060**Telefone **5133083800**FAX **5133084237**E-mail **sedetec@ufrgs.br** **SIM**, este Titular é Pessoa Jurídica. Caso afirmativo, assinale a melhor classificação:

- Órgão Público Sociedade com Intuito não Econômico Microempresa Software House
 Instituição Pública de Ensino ou Pesquisa Instituição Privada de Ensino ou Pesquisa Outras

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA E CONTATO (Preencha apenas o necessário)

Toda correspondência será enviada para:

 O Procurador ou O Titular acima ou Escaninho nº Representação INPI em: O Endereço abaixo:Nome **SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO-SEDETEC**Endereço **PRAÇA ARGENTINA, S/NÚMERO, PRÉDIO CHATEAU**Cidade **PORTO ALEGRE**UF **RS**País **BR**CEP **90.040-020**Telefone **5133083800**FAX **5133084237**E-mail **sedetec@ufrgs.br**

DADOS DO PROGRAMA

Título	Hidrolândia: Laboratório Virtual de Aprendizagem em Mecânica dos Flúid				
Data de Criação do Programa	20/11/2012	Regime de Guarda	<input checked="" type="checkbox"/> COM SIGILO	<input type="checkbox"/> SEM SIGILO	
Linguagens	Actio Script	ECMAScript			
Classificação do Campo de Aplicação	CC - 09	ED - 04	-	-	-
Classificação do Tipo de Programa	SM - 01	AP - 01	TC - 01	-	-

SIM, este Programa é Modificação Tecnológica ou Derivação. Caso afirmativo, informe Título do Programa Original e (se houver) Número de Registro:

Título do Programa Original _____

SIM, este Registro é composto por obra(s) de outra(s) natureza(s) de ordem intelectual. Caso afirmativo assinale-a(s) abaixo:

Literária Musical Artes Plásticas Áudio-Visual Arquitetura Engenharia

DOCUMENTOS ANEXADOS (Informe as quantidades de documentos, não o número de páginas)

Quant	Nome	Quant	Nome
1	Guia de Recolhimento		Contrato de Trabalho/Prestação de Serviço
	Procuração	2	Involucros/mídia eletrônica Utilizados
1	Termo de Cessão		Contrato/Estatuto Social e Alterações (ou equivalente)
	Termo de Autorização para Modificações Tecnológicas ou Derivações	1	Autorização para Cópia do CD
		4	Outros(especificar) <i>PORTARIA DE COMPETÊNCIA E DOU.</i>

DECLARAÇÕES

DECLARO, PARA TODOS OS FINS DE DIREITO:

- A) que estou ciente de **TODAS AS RECOMENDAÇÕES** constantes do "Manual do Usuário de Registro de Programas de Computador", **ESPECIALMENTE NO QUE TANGE AO TÍTULO E AOS DOCUMENTOS DO PROGRAMA**, bem como da legislação pertinente ao assunto, constante dos anexos "A"; "B"; "C"; "E" e "F", do referido Manual;
- B) que se deixar de solicitar a prorrogação do sigilo, nos casos necessários, estarei desistindo desse caráter de guarda dos documentos de programa do presente depósito, na forma do art. 3º, § 2º, da Lei 9.609, de 12 de fevereiro de 1998;
- C) que, se devido à qualidade do papel ou à qualidade gráfica dos documentos sigilosos anexos ao presente, houver deterioração ou perda de seu conteúdo, nenhuma responsabilidade caberá ao INPI, desde que mantida a inviolabilidade dos involucros (ressalvadas as hipóteses de serem abertos por ordem judicial ou motivo de força maior);
- D) que em caso de perda do SIGILO ou dos documentos, por culpa exclusiva do INPI, a indenização por perdas e danos, porventura cabível, estará limitada a 20 (vinte) salários mínimos;
- E) que devo manter guardado, em segurança e inviolado, o COMPARTIMENTO "3" do involucro especial para depósito, que é restituído pelo INPI, para fins de recomposição do arquivo do Instituto, no caso de sua destruição total ou parcial por algum tipo de sinistro;
- F) que deverei manter endereço atualizado junto à Divisão de Registro de Programa de Computador, a fim de garantir o recebimento das comunicações relativas ao andamento do meu pedido/registro, ressaltando o INPI de qualquer responsabilidade decorrente da não observação deste preceito.

DADOS DO PROCURADOR

CPF/CNPJ* _____ Código do Procurador (se houver) _____

Nome _____

Endereço _____

Cidade _____ UF _____ País _____

CEP _____ Telefone _____ FAX _____

E-mail _____

DECLARO, SOB AS PENAS DA LEI, SEREM VERDADEIRAS AS INFORMAÇÕES PRESTADAS

Porto Alegre, 29 de abril de 2013.

Local/Data

Raquel S. Mauler
Assinatura/Carimbo

Profª Raquel S. Mauler
Secretária de Desenvolvimento
Tecnológico

Modelo 1 (folha 2/2) E



Luiz Augusto Magalhães Endres
CEDENTE – Luiz Augusto Magalhães Endres



Raquel Santos Mauler
CESSIONÁRIO – Profª. Raquel Santos Mauler



Profª Raquel S. Mauler
Secretária de Desenvolvimento
Tecnológico
UFRGS

TESTEMUNHAS

1 - *Alice N. Fonseca*
Nome: ALICE NEUBERT FONSECA ALVES
CPF Nº: 984.231.340-91

2 - *Adalberto Felipe M. Cheloni*
Nome: ADALBERTO FELIPE M. CHELONI
CPF Nº: 292.188.100-49

CARTÓRIO Viamópolis
Av. Senador Salgado Filho, 3351 - Viamópolis - Viamão - RS
Fone/Fax (51) 3434-3534 / 3434-2531 - www.cartorioviamopolis.com.br
BEL LAERTE TADEU GALVÃO MEDEIROS - TABELIÃO

Reconheço a AUTENTICIDADE da firma de: LUIZ AUGUSTO MAGALHÃES ENDRES, indicada com a seta de uso deste Tabelionato.

EM TESTEMUNHO DA VERDADE
Passo do Sabão, 19 de abril de 2013. 14:21:49
Emol. R\$ 4,70 - SELO: 0742.01.1300001.44348 (R\$ 0,30)

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
PASSO DO SABÃO, 19 - VIAMÓPOLIS - VIAMÃO - RS
CARTÓRIO LAERTE TADEU GALVÃO MEDEIROS - TABELIÃO
1ª Tabelionato e Tabelionato Substituto

1º TABELIONATO DE NOTAS DE PORTO ALEGRE - RS
RUA ANDRADE NEVES, 159 - CENTRO - PORTO ALEGRE - RS - FONE (51) 3079-5300
BEL AYRTON BERNARDES CARVALHO - TABELIÃO

Reconheço por SEMELHANÇA a firma de Raquel Santos Mauler, indicada com a seta de uso deste tabelionato, e a qual confere com a ficha padrão aqui depositada.

EM TESTEMUNHO DA VERDADE - Jaime S. Silva / Ricardo Diederichs - Esc. Aut.
Porto Alegre, segunda-feira, 29 de abril de 2013
Rec. Firma: R\$ 4,70 + Selo digital: R\$ 0,30 / 0450.01.1300001.65003

VÁLIDO SOMENTE SEM EMENDAS OBRIGATORIAS

JAIME S. SILVA
ESCR. AUTORIZADO

(Handwritten mark)

ANEXO D - REGISTRO DO PROFESSOR HIDRO



MINISTÉRIO DA CULTURA
Fundação BIBLIOTECA NACIONAL

Escritório de Direitos Autorais

Certidão de Registro ou Averbação

N.º de Registro: 620.851

Livro: 1191

Folha: 273

“PROF. HIDRO – AGENTE PEDAGÓGICO VIRTUAL ANIMADO”

A proteção reconhecida por este Registro se refere unicamente aos direitos morais e patrimoniais do desenho e/ ou personagem, não constituindo os direitos sobre marca e/ ou slogan.



Protocolo de Requerimento: 2013/RJ_16428
Gênero: Personagem/Desenho/Fotografia
03 página (s)
Obra não publicada




DADOS DO REQUERENTE

OSCAR EDUARDO PATRÓN GUILLERMO
(Autoria) – CPF: 675.779.890-53

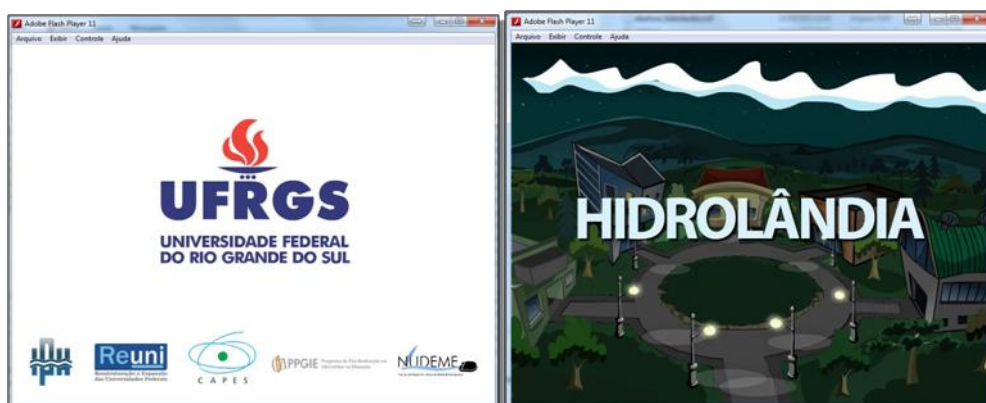


Para constar lavra-se o presente termo nesta cidade do Rio de Janeiro,
em 31 de Outubro de 2013, que vai por mim assinado.

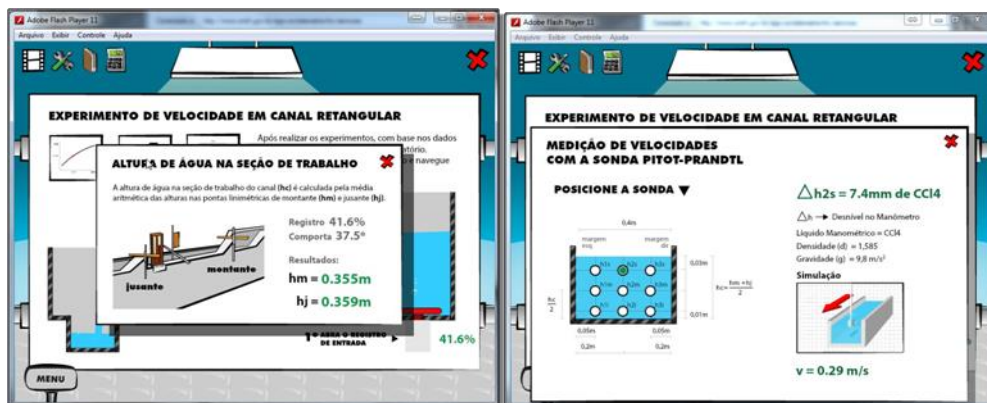
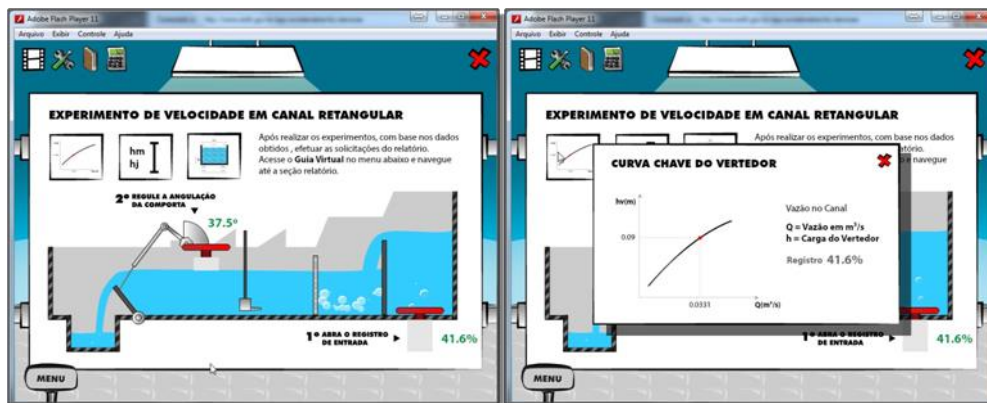
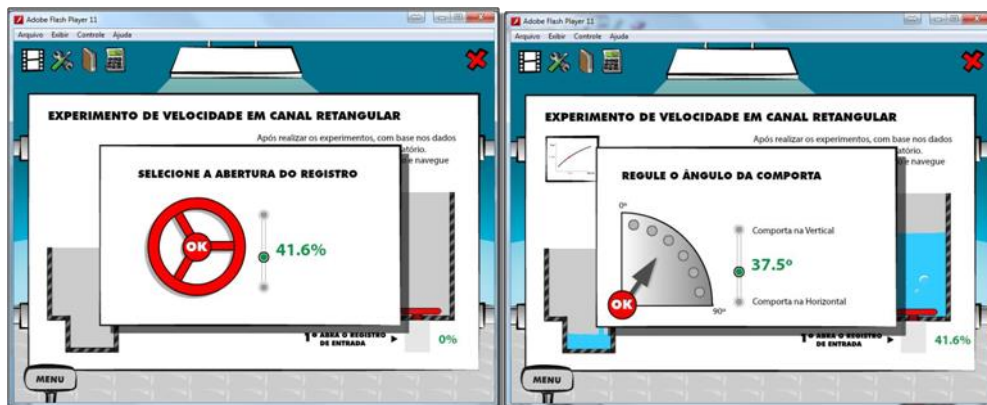
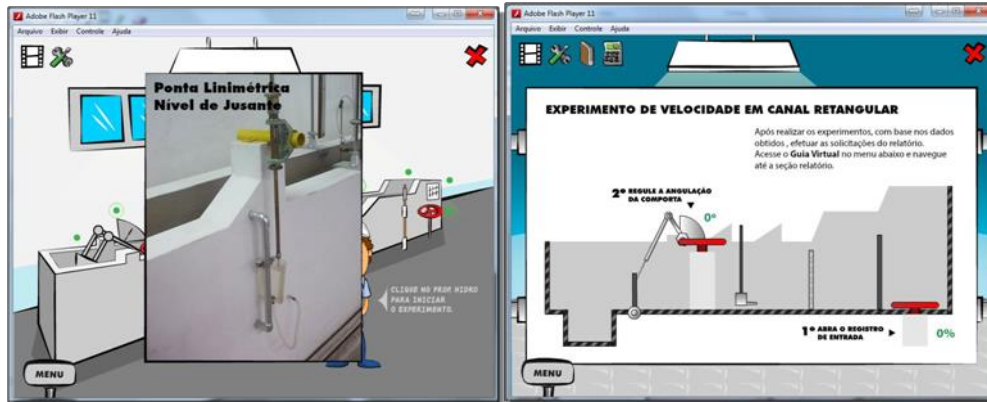

O referido é verdade e dou fé
Rejane Beatris Schneider
Responsável Técnica pelo EDA/FBN

Rua da Imprensa, n.º 16 / sala 1.205, Centro, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 20030-120
Tel.: (021) 2220-0039 / 2262-0017 Fax: (021) 2240-9179
Site: www.bn.br/eda e-mail: eda@bn.br

ANEXO E - TELAS E INTERFACE HIDROLÂNDIA







EXPERIMENTO DE VELOCIDADE EM CANAL RETANGULAR

MEDICÃO DE VELOCIDADES COM A SONDA PITOT-PRANDTL

POSICIONE A SONDA

$\Delta h = 4.4 \text{ mm de CC14}$

$\Delta h \rightarrow$ Desnivel no Manômetro

Líquido Manométrico = CCl₄

Densidade (ρ) = 1.585

Gravidade (g) = 9.8 m/s²

Simulação

Velocidade (v) = $\sqrt{2g \cdot \Delta h \cdot (\rho - \rho_f)}$
(Passar o mouse sobre a fórmula)

ESTE É O EXPERIMENTO VENTURI. PASSE O MOUSE SOBRE OS PONTOS PARA VER DETALHES OU CLIQUE EM NEM PARA COMEÇAR O EXPERIMENTO.

CLIQUE NO PROJ. RED PARA INICIAR O EXPERIMENTO.

MENU

ESTE É O EXPERIMENTO VENTURI. PASSE O MOUSE SOBRE OS PONTOS PARA VER DETALHES OU CLIQUE EM NEM PARA COMEÇAR O EXPERIMENTO.

CLIQUE NO PROJ. RED PARA INICIAR O EXPERIMENTO.

MENU

CLIQUE NO PROJ. RED PARA INICIAR O EXPERIMENTO.

MENU

CLIQUE NO PROJ. RED PARA INICIAR O EXPERIMENTO.

MENU

CLIQUE NO PROJ. RED PARA INICIAR O EXPERIMENTO.

MENU

EXPERIMENTO DE AFERIÇÃO DE VENTURI

1 ESCOLHA UMA ABERTURA PARA O REGISTRO DE ENTRADA

30% 35% 40% 45% 50% 55% 60% 65% 70% 75% 80%

$\Delta h =$

Com o Δh obtido e as características geométricas do medidor Venturi, determine a "Q" teórica, utilizando a expressão correspondente indicada na apostila do experimento.

Anotar o valor de Q e repetir o experimento por 3x, utilizando diferentes valores para abertura e para o tempo.

Após realizar os experimentos, com base nos dados obtidos, efetuar as solicitações do relatório. Acesse o Guia Virtual no menu ao lado e navegue até a seção relatório.

MENU

EXPERIMENTO DE AFERIÇÃO DE VENTURI

1 ESCOLHA UMA ABERTURA PARA O REGISTRO DE ENTRADA

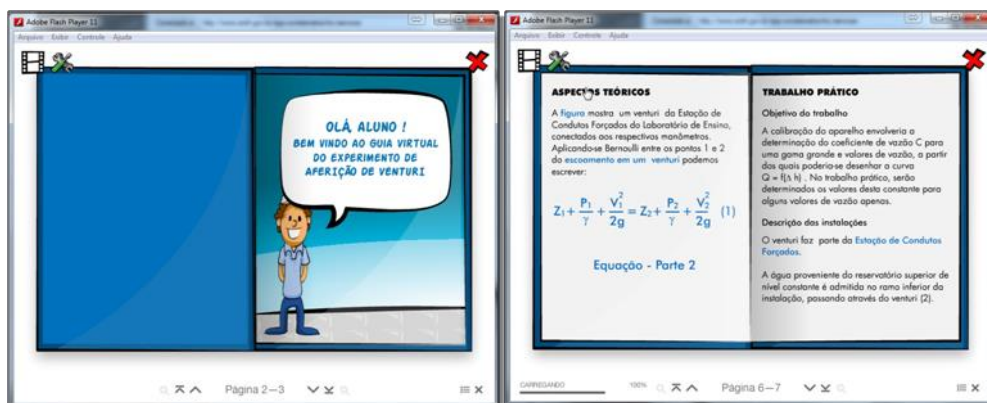
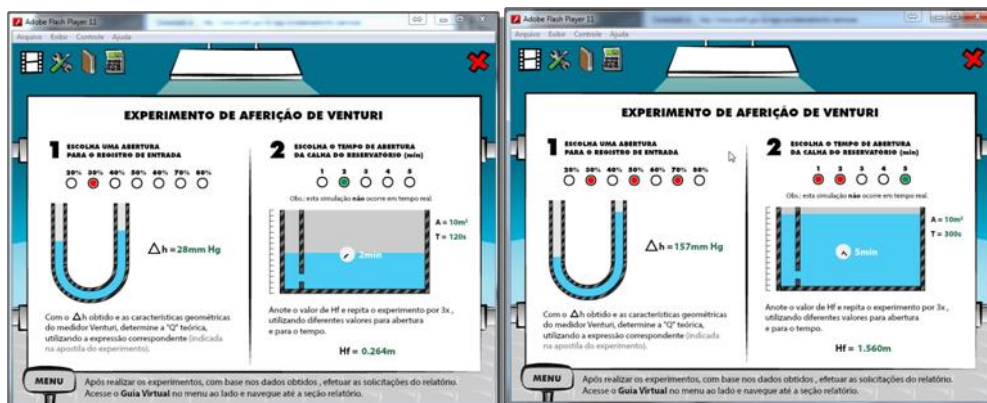
BIBLIOGRAFIA

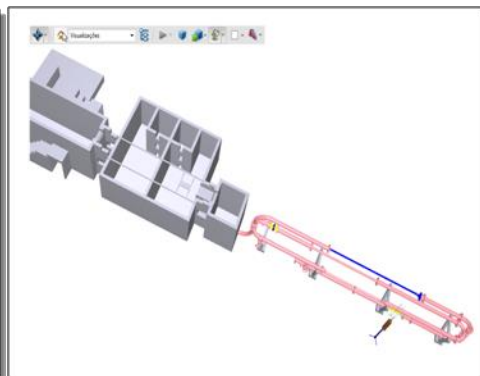
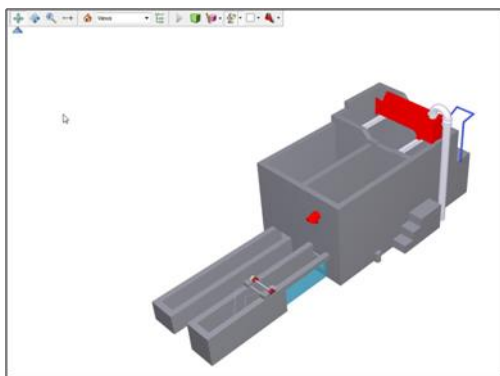
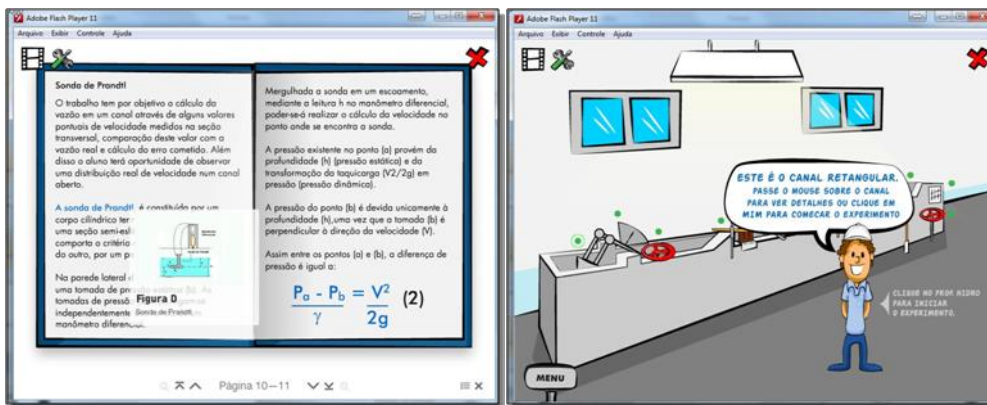
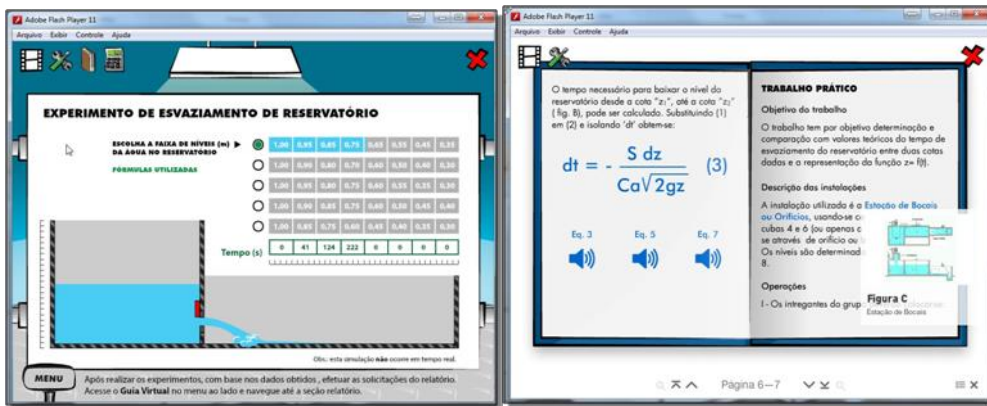
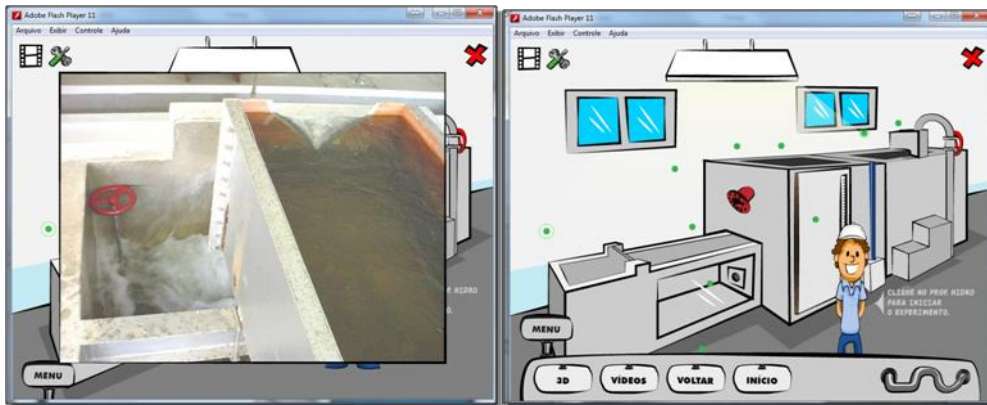
- FOX, R.A. McDONALD, A. 2010. Introdução à Mecânica dos Fluidos. Guanabara Dois.
- HRBANC, N. H. C. 1984. Fundamentos de Sistemas de Engenharia Hidráulica. Guanabara Dois.
- LENCASTRE, A. 1983. Hidráulica Geral. Hidroprojecto.
- NEVES, E. T. 1977. Curso de Hidráulica. Editora Globo.
- PRASHKOV, N. N., DOLOVACHEV, F. M. 1985. Hidráulica y Máquinas Hidráulicas. Mir Moscú.
- SHAMES, I. 1977. Mecânica dos Fluidos. Edgar Blucher 2v.
- WHITE, F. 2011. Fluid Mechanics. Mc Graw Hill.

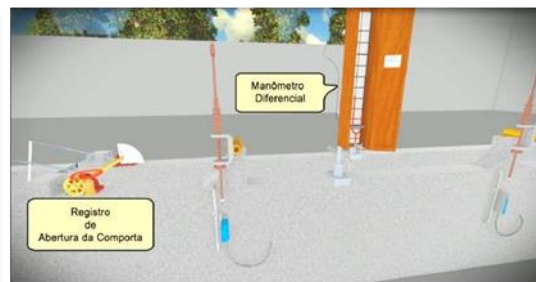
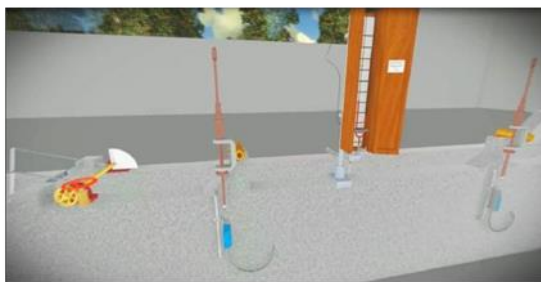
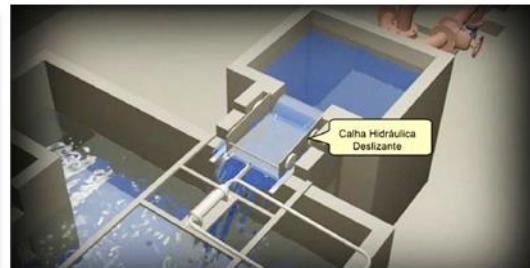
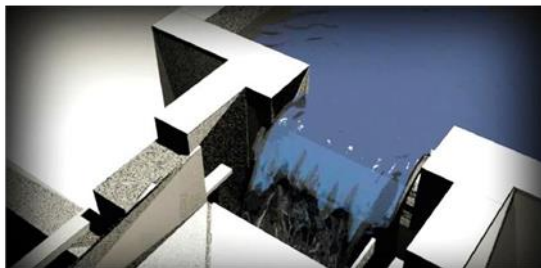
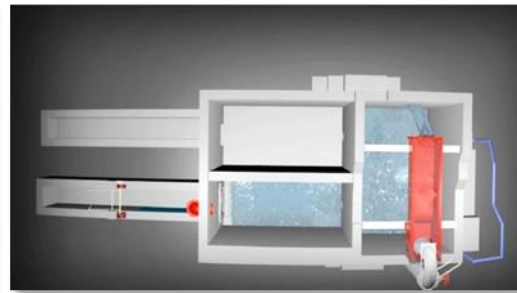
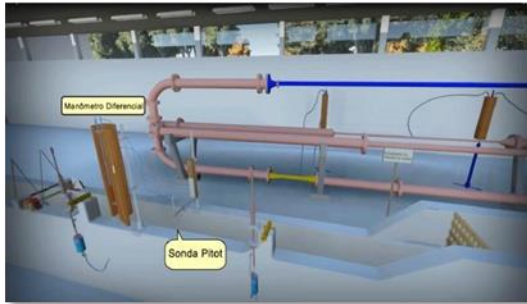
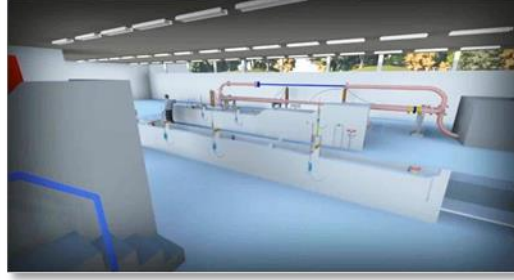
Com o Δh obtido e as características geométricas do medidor Venturi, determine a "Q" teórica, utilizando a expressão correspondente indicada na apostila do experimento.

Após realizar os experimentos, com base nos dados obtidos, efetuar as solicitações do relatório. Acesse o Guia Virtual no menu ao lado e navegue até a seção relatório.

MENU







ANEXO F- ROTEIRO DO EXPERIMENTO DE 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 a 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:

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

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’ obtém-se:

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

Integrando entre z_1 e z_2 obtém-se Δt :

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

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

$$\Delta t = \frac{S(z_1 - z_2)}{\frac{1}{2} (C a \sqrt{2 g z_1} + C a \sqrt{2 g z_2})} \quad (5)$$

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

$$\Delta t = \frac{2 S z_1}{C a \sqrt{2 g z_1}} \quad (6)$$

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 :

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

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

$$Q_t = C a \sqrt{\left(\frac{C a g t}{S}\right)^2 - \left(\frac{C a 2 g \sqrt{2 g z_1}}{S}\right)^2} t + 2 g z_1 \quad (8)$$

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:

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

II - Manipulações:

- verificar o nível inicial de água no reservatório(z_0), indicado no piezômetro (8); anotá-lo.
- de posse do cronômetro de 2 ponteiros, abrir o bocal ou orifício, retirando a tampa de borracha, acionando simultaneamente o cronômetro (botão 1);

- 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;
- 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:

- Cálculo do tempo total de esvaziamento, segundo a equação (6);
- Para o conjunto z_i de cotas do ensaio:
 - cálculo, por meio da equação (5), do tempo necessário para a passagem da cota z_i para z_{i+1}
 - cálculo do erro relativo de tempo (teórico e experimental), tomando-se como exato o tempo teórico calculado em (b.1);
- 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;
- Croquis da instalação (não serão aceitas cópias dos desenhos da apostila);
- Comentários sobre os resultados;
- Cópia da folha de medições.

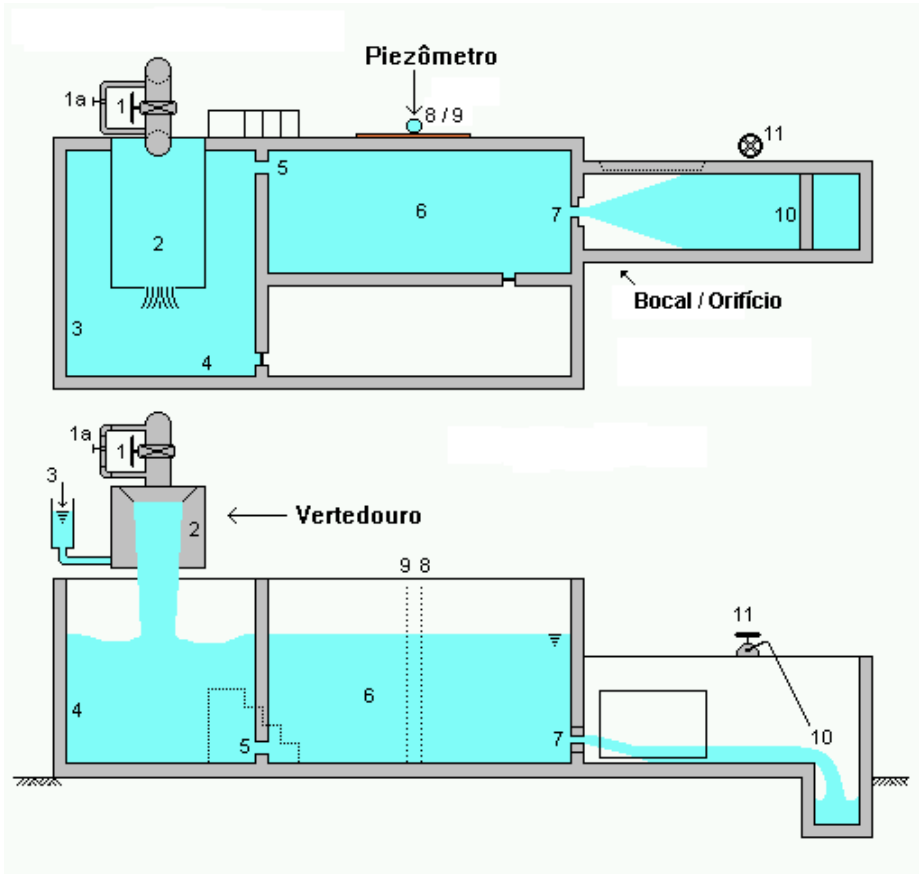


Figura A.

ANEXO G - ROTEIRO DO EXPERIMENTO DE 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.

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

ou, já que $Q = \int_A v \, dA$

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

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. Na 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 semiesférica 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:

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

3.4. Operações

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

- no vertedor, para comando do registro de alimentação (1) e da ponta linimétrica do vertedor;
- junto à comporta de saída, para posicionamento da mesma, comandada pela leitura nas pontas (4) e (5);
- no dispositivo de medidas de velocidades, para a manipulação da sonda;
- 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.

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

A seguir, devem ser executadas as seguintes manipulações:

- abrir o registro (1), usar (1a) para pequenas diferenças, de modo a obter no vertedor a vazão desejada, colocando a ponta linimétrica 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);
- 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;
- 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.
- manejando somente a régua para o deslocamento da sonda no plano de cota (y), para o primeiro ponto de abscissa (x_1), e depois sucessivamente para os outros pontos;

- 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:

- curvas de distribuição de velocidades em cada vertical, com a determinação da velocidade média;
- curva das velocidades médias no plano horizontal e determinação da velocidade média no canal;
- cálculo da vazão;
- cálculo do erro relativo cometido na vazão, considerando como exata a vazão determinada no vertedor;
- comentário sobre os resultados;
- anexar a folha de medição.

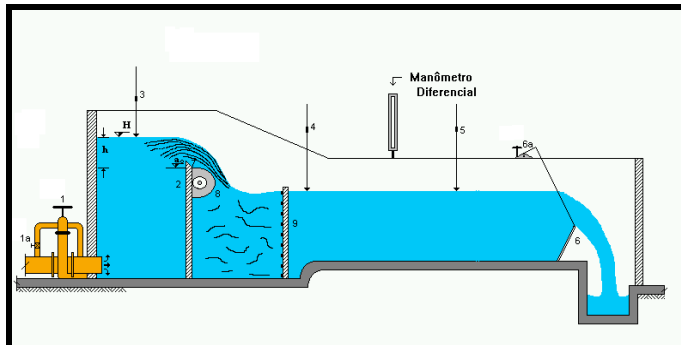


Figura B

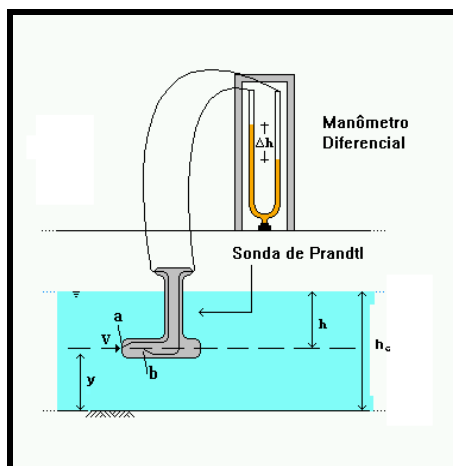


Figura D

ANEXO H - <ROTEIRO DO EXPERIMENTO DE 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 se tem 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:

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

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

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

Tem-se:

$$Q = C k_1 k_2 k_3 \sqrt{\Delta h} = C_1 \sqrt{\Delta h} = C_1 (\Delta h)^{1/2} \quad (11)$$

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 $Q = f(\Delta h)$. 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 m², 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)

□ t = intervalo de tempo gasto na acumulação do volume ∇

A seção total da cuba é de 10 m² e o volume de água armazenada durante um intervalo de tempo □t será facilmente determinado pela diferença de níveis superior (Ns) e inferior (Ni) 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

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

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

2o - Manipulações:

- verificar nas instruções recebidas quais os desníveis manométricos (h) a empregar no manômetro diferencial;
- abrir lentamente o registro de comando de vazões a fim de obter no manômetro o desnível desejado;
- fazer a leitura do nível (N_i) da água na cuba (19);
- 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;
- deixar em funcionamento a instalação por um espaço de tempo que será indicado previamente para cada desnível manométrico;
- acionar a calha para transferir a água novamente para o canal de retorno, válvula (18) - posição A - travando o cronômetro;
- após esperar a tranquilização da água na cuba (19) ler no piezômetro (20) o nível superior (N_s);
- esvaziar a cuba (19) por meio do registro (21) quando necessário;
- fechar o registro (21);
- 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:

- cálculo da constante C (coeficiente de vazão) para cada uma das medições realizadas;
- comparação dos valores obtidos com dados experimentais encontrados na bibliografia e comentários;

- 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;
- desenho esquemático da instalação e dos aparelhos de medição (não serão aceitas cópias dos desenhos das apostilas);
- cópia da folha de medidas.

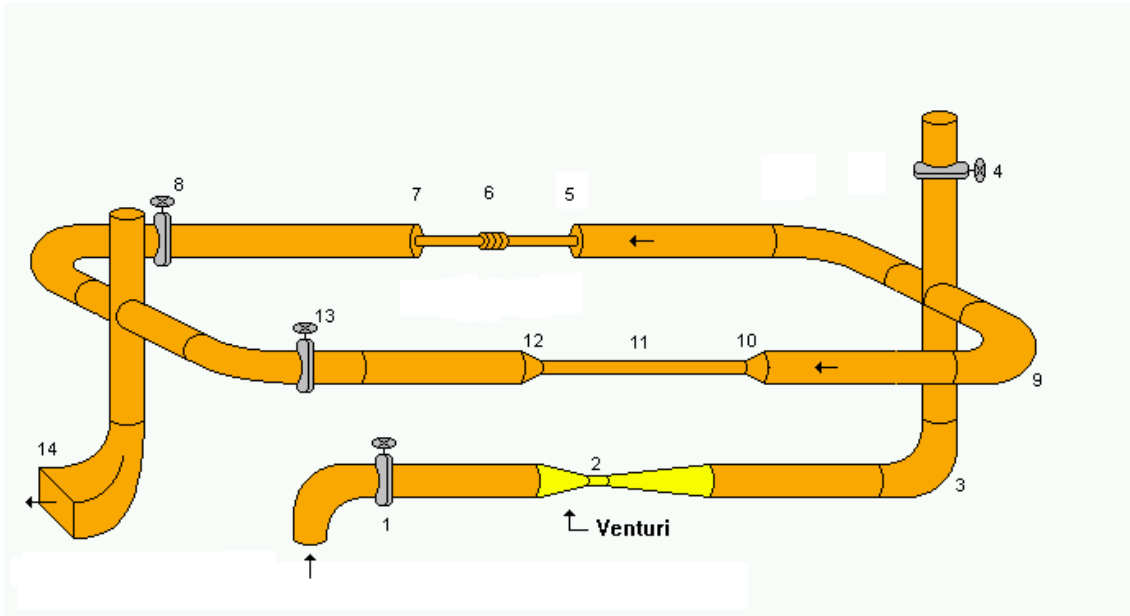


Figura 1

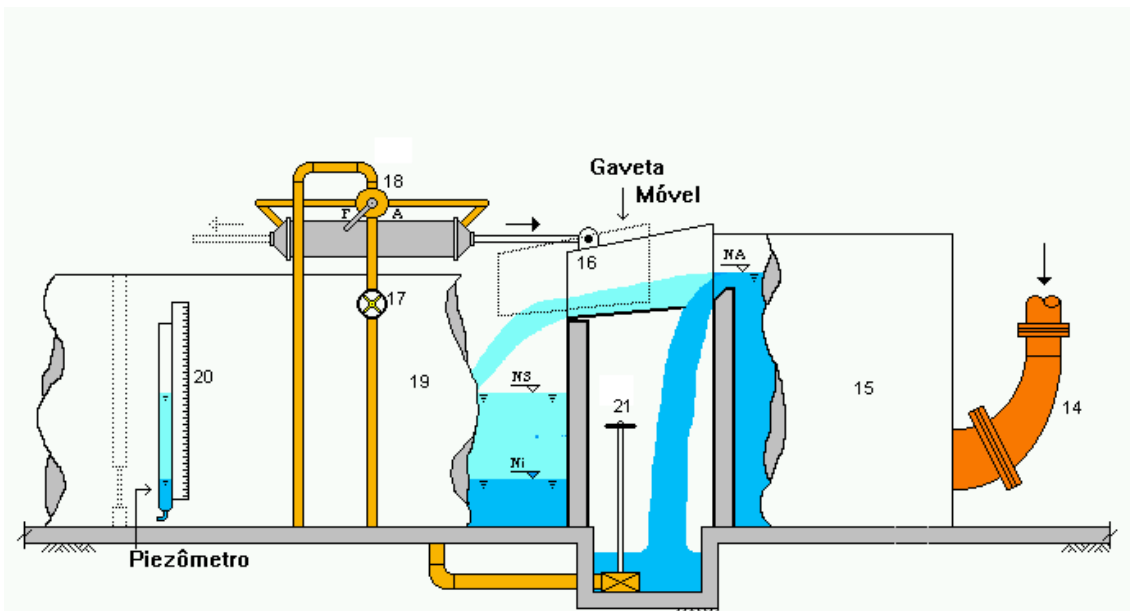


Figura 2.

ANEXO I - SÚMULA COMPLETA DA DISCIPLINA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
DEPARTAMENTO DE HIDROMECAÂNICA E HIDROLOGIA

DISCIPLINA: Mecânica dos Fluidos II / IPH 01107

Prof. Luiz Augusto Magalhães Endres

A disciplina fornece conteúdos básicos para o estudo da Hidráulica, Fenômenos de Transporte, Hidrologia, Máquinas Hidráulicas, Saneamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos.

CONTEÚDO: Histórico e Propriedades Físicas dos Fluidos

Mecânica:

Estática

Cinemática

Dinâmica

Análise Dimensional e Semelhança

Noções sobre Escoamentos Reais:

Equações Diferenciais do Movimento

Camada Limite

Turbulência

Processos de Transporte de Calor e Massa

OBJETIVOS: Fornecer aos alunos os conhecimentos básicos das propriedades dos fluidos, dos esforços mecânicos e das leis de conservação de massa, quantidade de movimento e energia. Apresentar noções e conceitos básicos do escoamento real.

AVALIAÇÃO: Serão realizadas 3 provas e um conjunto de trabalhos em laboratório.

O conjunto de trabalhos, realizado durante a apresentação dos conteúdos da 2ª área, tem entrega obrigatória sendo requisito para aprovação sua realização satisfatória.

A média mínima, entre as notas das 3 provas, para aprovação na disciplina, é de 6,0 pontos, respeitada a frequência regulamentar mínima de 75 %. A nota mínima, em cada uma das provas, é de 4,0 pontos.

Ao final do semestre, se necessário e possível, o aluno pode realizar 1 prova de recuperação parcial, que substitui a prova normal de pior resultado. Trabalhos não satisfatórios deverão ser corrigidos ou refeitos.

BIBLIOGRAFIA: Os principais textos utilizados, indicados pelo nome dos autores e títulos são:

- SHAMES, I. 1977. Mecânica dos Fluidos. Edgar Blucher. 2v;
 WHITE, F. 1979. Fluid Mechanics. Mc Graw-Hill;
 FOX, R.; McDONALD, A. 1981. Introdução à Mecânica dos Fluidos. Guanabara Dois;
 STREETER, V.; WYLIE, E. 1980. Mecânica dos Fluidos. Mc Graw-Hill; e
 VENNARD, J.; STREET, R. Elementos de Mecânica dos Fluidos. Guanabara Dois.

Apostilas e listas de exercícios complementam a apresentação dos conteúdos.

Aula nº **CONTEÚDO APRESENTADO**

1. Apresentação da disciplina, conteúdo geral, bibliografia recomendada e método de avaliação; Histórico da mecânica dos fluidos;
2. Caracterização do fluido; Hipótese do contínuo; Sistemas de unidades;
3. Propriedades físicas dos fluidos;
4. Viscosidade; Lubrificação; Reologia;
5. Esforços internos nos meios contínuos; Tensões em um ponto no interior de fluidos;
6. Variação de pressão no interior de fluidos estáticos: líquidos e massas de ar;
7. Escalas de pressão; Manometria; Cinemática dos fluidos: abordagens Euleriana e Lagrangeana;
8. Variação temporal de propriedades; Representação gráfica; Dimensões do escoamento; Sistema e volume de controle; Vazão e velocidade média;
9. Equação da continuidade; Circulação; Vorticidade; Rotacionalidade;
10. Potencial de velocidades; Função corrente;

11. Escoamentos elementares;
12. Superposição de escoamentos; Redes de fluxo;
13. Resolução de escoamentos: métodos gráfico e numérico;
14. 1ª prova;
15. Dinâmica dos fluidos: Teorema do transporte de Reynolds; Leis básicas;
16. Conservação de massa; Conservação de quantidade de movimento;
17. Aplicações das equações de conservação; Turbo-máquinas;
18. Apresentação de vídeos sobre movimento de fluidos;
19. Equações de Euler, Navier-Stokes, Bernoulli;
20. Aplicações da equação de Bernoulli; Linhas piezométrica e de energia; Tubos piezométrico e de Pitot;
21. Trabalhos em laboratório: Medição de velocidades em canal; Esvaziamento de reservatório; Aferição de medidor Venturi;
22. Análise dimensional: teoremas de Bridgman e Buckingham;
23. Números adimensionais na hidráulica; Modelos reduzidos;
24. 2ª prova;
25. Escoamento viscoso; Regimes de escoamento; Detecção da turbulência; Escoamentos externo e interno;
26. Camada limite: espessuras características; Camada limite em escoamentos externos;
27. Camada limite sobre placa plana: soluções laminar e turbulenta;
28. Separação e aerodinâmica: coeficientes de arrasto;
29. Correlações no escoamento turbulento; Leis de velocidade na camada limite turbulenta;
30. Escoamento interno; Escoamento em tubos de seção circular
31. Processos de transporte de calor, massa e quantidade de movimento;
32. 3ª prova;
33. Revisão geral da matéria;
34. Provas de recuperação.