

## **BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**GIOVANI FONSECA FERREIRA**

### **ANÁLISE DE MÉTODOS DE ENSINO PRESENCIAL E HÍBRIDO PARA PRÁTICAS LABORATORIAIS DE HIDRÁULICA**

**CARAGUATUBA**

**2022**

**GIOVANI FONSECA FERREIRA**

**ANÁLISE DE MÉTODOS DE ENSINO PRESENCIAL E  
HÍBRIDO PARA PRÁTICAS LABORATORIAIS DE  
HIDRÁULICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC),  
apresentado ao Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia, Câmpus  
Caraguatatuba como exigência para a  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vassiliki Terezinha  
Galvão Boulomytis

Coorientador: Prof. Dr. José Gilberto  
Dalfré Filho

**CARAGUATATUBA**

**2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Serviço de Biblioteca e Documentação do IFSP Câmpus Caraguatatuba

F383a Ferreira, Giovani Fonseca  
Análise de métodos de ensino presencial e híbrido para práticas laboratoriais de hidráulica. / Giovani Fonseca Ferreira. -- Caraguatatuba, 2022.  
34 f. : il.

Orientadores: Profa. Dra. Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis e Prof. Dr. José Gilberto Dalfré Filho.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -- Instituto Federal de São Paulo, Caraguatatuba, 2022.

1. Engenharia Civil. 2. Ensino-aprendizado. 3. Hidráulica. 4. Vídeo. 5. Modelagem. I. Boulomytis, Vassiliki Terezinha Galvão, orient. II. Dalfré Filho, José Gilberto, coorient. III. Instituto Federal de São Paulo. IV. Título.

CDD: 624

Ficha catalográfica elaborada por Elis Regina Alves dos Santos  
Bibliotecária - CRB 8/8099

ATA N.º 2/2022 - CENG-CAR/DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ANÁLISE DE MÉTODOS DE ENSINO PRESENCIAL E HÍBRIDO PARA PRÁTICAS LABORATORIAIS DE HIDRÁULICA** apresentado(a) pelo(a) aluno(a) **GIOVANI FONSECA FERREIRA (CG1704524)** do Curso **BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL (Câmpus Caraguatatuba)**. O trabalho foram iniciados às 17h06min (dezesete horas e seis minutos) peb(a) Professor(a) presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

Membros	IES	Presença (Sim/Não)	Aprovação/Conceito (Quando Exigido)
Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis (Orientadora)	IFSP CAR	SIM	Aprovado
Adriana Marques (Examinadora interna)	IFSP SP	SIM	Aprovado
Jose Gilberto DalFRE Filho (Coordenador/ Examinador externo)	UNICAMP	SIM	Aprovado
Ruan Larisson Toninatto Vilela (Examinador Interno)	IFSP CAR	SIM	Aprovado

Observações:

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo(a) aluno(a), tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado(a)                       Reprovado(a)

A banca solicitou que algumas correções fossem feitas antes da entrega do manuscrito final à biblioteca. Proclamados os resultados pela presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos às 18h00min (dezoito horas). Para constar, eu lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Caraguatatuba, 17 de fevereiro de 2022

(Assinado Eletronicamente)

Documento assinado eletronicamente por:

- Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/02/2022 13:11:48.
- Giovanni Fonseca Ferreira, CG1704524 - Discente, em 22/02/2022 13:32:21.
- Ruan Larisson Toninatto Vilela, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 22/02/2022 13:35:46.
- Adriana Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/02/2022 17:40:13.
- Jose Gilberto DalFRE Filho, 21402550898 - Pessoa Externa, em 22/02/2022 20:23:35.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/02/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 300923  
Código de Autenticação: 1f86a752ef



Dedico esse trabalho a minha mãe, tios e avós, que puderam como família me apoiar nas horas difíceis.

Dedico a meus professores e orientadores, que puderam como educadores estimular o meu conhecimento.

E, por fim, dedico a minha namorada Amanda, que dedicou seus dias e noites para me apoiar e incentivar.

*“A vida nunca está completa sem seus desafios.”*

**(Stan Lee)**

## RESUMO

O estudo de uma metodologia de ensino de hidráulica é fundamental, devido à importância e responsabilidade que instituições de ensino tem de preparar alunos para serem futuros profissionais. O objetivo deste estudo foi evidenciar metodologias de ensino aos quais alunos de engenharia poderiam trabalhar seus conhecimentos de hidráulica; e ainda evidenciar a opinião profissional de professores em diversas instituições sobre o uso de laboratório. Através de fichas de coletas, foi possível trazer também a opinião de discentes quanto ao formato de ensino laboratorial que consideravam ser o mais ideal. O estudo teve como sua principal fundamentação artigos, dados experimentais fornecidos por universidades com e sem laboratório de hidráulica, revistas que apresentem semelhança de suas informações com o presente artigo, dados coletados de discentes de engenharia civil e em outras fontes bibliográficas. Com a análise dos dados coletados, verificou-se que os docentes em grande maioria priorizaram a utilização de laboratório físicos como principal suporte para o ensino; os discentes se posicionaram evidenciando a necessidade de um ensino com ferramentas de apoio, porém elas podem ser tanto estruturas laboratoriais como trabalhos por modelagem computacional e vídeo. Com os dados de valores conceituais apontados por nove professores sobre a importância de experimentos e uso de laboratórios, com a declaração de vinte e quatro discentes que necessitam de apoio além de bibliografia, conclui-se que é imprescindível a parte experimental para total compreensão do assunto abordado. Com a possibilidade de se ter uma integração entre sala de aula com vídeos de experimentos, tem-se uma solução eficaz considerando-se a escassez de recursos para a educação com o ambiente de ensino remoto.

**Palavras-chaves:** Ensino-aprendizado; hidráulica; vídeo; engenharia; modelagem.

## **ABSTRACT**

The study of a methodology for teaching hydraulics is fundamental, due to the importance and responsibility that educational institutions have to prepare students to be future professionals. The objective of this study was to highlight teaching methodologies to which engineering students could work on their knowledge of hydraulics; and also to evidence the professional opinion of professors in several institutions about the use of laboratory. Through collection forms, it was also possible to bring the opinion of students about the laboratory teaching format that they considered to be the most ideal. The article had as its main foundation articles, experimental data provided by universities with and without a hydraulic laboratory, magazines that present similarity of their information with this study, data collected from civil engineering students and in other bibliographic sources. With the analysis of the collected data, it was verified that the professors in great majority prioritized the use of physical laboratory as main support for the teaching; the students took a stand, highlighting the need for teaching with support tools, but they can be both laboratory structures and works by computer and video modeling. With the data of conceptual values pointed out by nine professors about the importance of experiments and use of laboratories, with the declaration of twenty-four students who need support in addition to bibliography, it is concluded that the experimental part is essential for a full understanding of the subject addressed. With the possibility of having an integration between the classroom with videos of experiments, there is an effective solution considering the scarcity of resources for education with the remote teaching environment.

**Key-words:** Teaching-learning; hydraulics; video; engineering; modeling.

## 1. INTRODUÇÃO

Visto que a contextualização e a fundamentação do ensino teórico de hidráulica necessita de um caráter prático para a construção do conhecimento do estudante-aprendiz, temos que este método de ensino traz como bagagem também ao estudante, a execução em conjunto entre alunos que estão envolvidos entre si trabalhando em um mesmo experimento, participação e prática na distribuição de tarefas, o compartilhamento de ideias, a promoção do respeito mútuo e a comparação de ideias opostas (BENITE; BENITE, 2009; GOMES; GERMANO., 2007; JONG et al., 2013; GUEDES et al., 2014).

A utilização laboratorial vem a ser um instrumento de ensino fundamental para a concretização dos conceitos transmitidos aos estudantes (AVELINO; SOUZA, 1999; GONÇALVES; DUARTE, 2006; ESPINDOLA et al., 2007; ANDRADE et al., 2009; SILVA et al., 2012; ZORZAN; DARONCH, 2013; MONTEIRO; SOUZA, 2016). Esta afirmação se valida quando analisados a associação do laboratório com ações presentes no cotidiano. Muitos equipamentos de ensino-aprendizado demonstram como acontecem situações do cotidiano que muitas vezes parecem não ter explicações nítidas para estudantes que não tiveram uma experimentação daquela situação. Uma situação que temos do cotidiano onde podemos ter facilmente a sua representação em laboratórios através de uma aparelhagem voltada para a mesma, seria a do golpe de Ariete.

A análise das informações que se relacionam com um projeto de pesquisa através da revisão de dados coletados em fontes de pesquisas (PRAÇA, 2015) e fornecidos por instituições de ensino deve apresentar uma metodologia criteriosa. Muitas vezes a forma como se aborda os dados fornecidos para uso dentro de uma pesquisa não é feita de forma efetiva, deixando que o essencial passe despercebido ou nem venha a ser abordado de forma que se exponha o real objetivo que se busca alcançar. Uma boa metodologia contribui com o projeto de forma a entregar um melhor resultado e muitas vezes até uma melhor exposição dos dados almejados (TOMICH et al., 2005), trazendo à tona o objetivo, no caso deste estudo, que vem a ser a eficiência na utilização de um laboratório de hidráulica para a criação de um conhecimento ainda maior do estudante envolvido com o mesmo.

A abordagem de métodos de ensino que buscam ser mais eficazes para o ensino do aluno, evidencia o fato de que o ensino se vincula ao futuro do aluno, a como o

mesmo necessita estar capacitado adequadamente para poder iniciar sua jornada profissional no mercado de trabalho (CHANSON, 2004).

O uso de um laboratório com um sistema de modelagem computacional apresenta uma possibilidade complementar de aquisição de conhecimentos para o estudante (GUILLERMO et al., 2017). Com a modernização e a tecnologia avançando cada vez mais, vemos que ela também se apresenta relativamente forte em relação ao aumento da transmissão de conhecimento para o estudante, com ferramentas de ensino cada vez mais aprimoradas.

A modernização de sistemas de ensino vem a ser um dos objetivos abordados por este projeto, com a finalidade de promover a integração da tecnologia para a melhor integração de conhecimento ao aluno (GUILLERMO et al., 2017; DÍAZ et al., 2018).

O uso de vídeos de experimentos de hidráulica é uma metodologia onde o acesso ao experimento pode ser feito sem a necessidade de o aluno estar na instituição (PONCE, 1999). Isso vem a possibilitar com que muitas faculdades possam atender a demanda institucional de ensino laboratorial sem precisar de um laboratório físico. Esta metodologia se vincula ao ensino híbrido onde o aluno não necessita estar todos os dias na instituição para estudo laboratorial.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo principal deste estudo é evidenciar métodos de ensino que podem ser utilizados para agregar no estudo e desenvolvimento de conceitos de hidráulica para alunos de engenharia. Para tanto, teve-se objetivos específicos a serem atendidos, sendo: levantar bancadas de ensino de hidráulica no mercado, disponíveis para aquisição por instituições de ensino, a justificar a complexidade de se ter um laboratório de hidráulica; evidenciar softwares de ensino utilizados para modelagem computacional de experimentos de hidráulica; demonstrar estudos onde o ensino é estimulado através de vídeos; apresentar a avaliação de docentes parceiros a pesquisa, através de fichas de coleta, sobre os métodos que consideram mais valiosos para a estimulação do ensino laboratorial; expor, através de uma pesquisa com alunos de engenharia, as considerações dos mesmos quanto a qual metodologia de ensino consideram mais relevantes para diferentes tipos de experimentos de hidráulica.

### **3. METODOLOGIA**

O principal instrumento metodológico se fundamenta em dados coletados através de revisão bibliográfica, pesquisas através de websites e fichas de coletas de docentes e discentes.

A iniciar por um levantamento do mercado quanto á tipos de bancada de hidráulica, podemos ter como evidencia do Quadro 2 ao Quadro 5, onde foi demonstrado empresas de produção de equipamentos laboratoriais de hidráulica e os equipamentos que as mesmas possuíam disponíveis para encomenda.

Com a disponibilidade muitas vezes de laboratórios de informática em instituições, faz se uma revisão bibliográfica e pesquisa em internet sobre softwares acessíveis a instituições, cujos mesmos trabalham a modelagem computacional de efeitos de hidráulica.

O ensino através de video é uma opção em que se integra o ensino híbrido ou EAD em instituições de ensino, para tanto, sites que trabalham estudos de hidráulica e artigos que comentam sobre este modelo foram evidenciados nesta pesquisa.

A elaboração e envio de fichas de coleta de dados para docentes e discentes foi feita para integrar uma perspectiva atual da realidade que é encontrada em laboratórios de hidráulica, a levar em consideração a experiência dos docentes e a levar em consideração o ensino hibrido para discentes. Com os resultados, foram elaborados gráficos divididos para cada experimento que os mesmos tinham acesso em suas instituições.

O fluxograma da metodologia de trabalho é evidenciado no Quadro 1, onde as etapas gerais de trabalho são evidenciadas.

O envio de fichas de coleta para docentes (Apêndice) foi de fundamental importância para a maior interação de dados do projeto. A avaliação de métodos de ensino por docentes na área de hidráulica foram associadas a experimentos aos quais os mesmos tem acesso nas instituições onde lecionam.

O envio das fichas de coleta para discentes buscou evidenciar considerações de uma amostragem de alunos, sobre qual metodologia de ensino consideram ser mais apropriada quando tratada em ensino hibrido, a considerar situações como EAD ou uma pandemia.

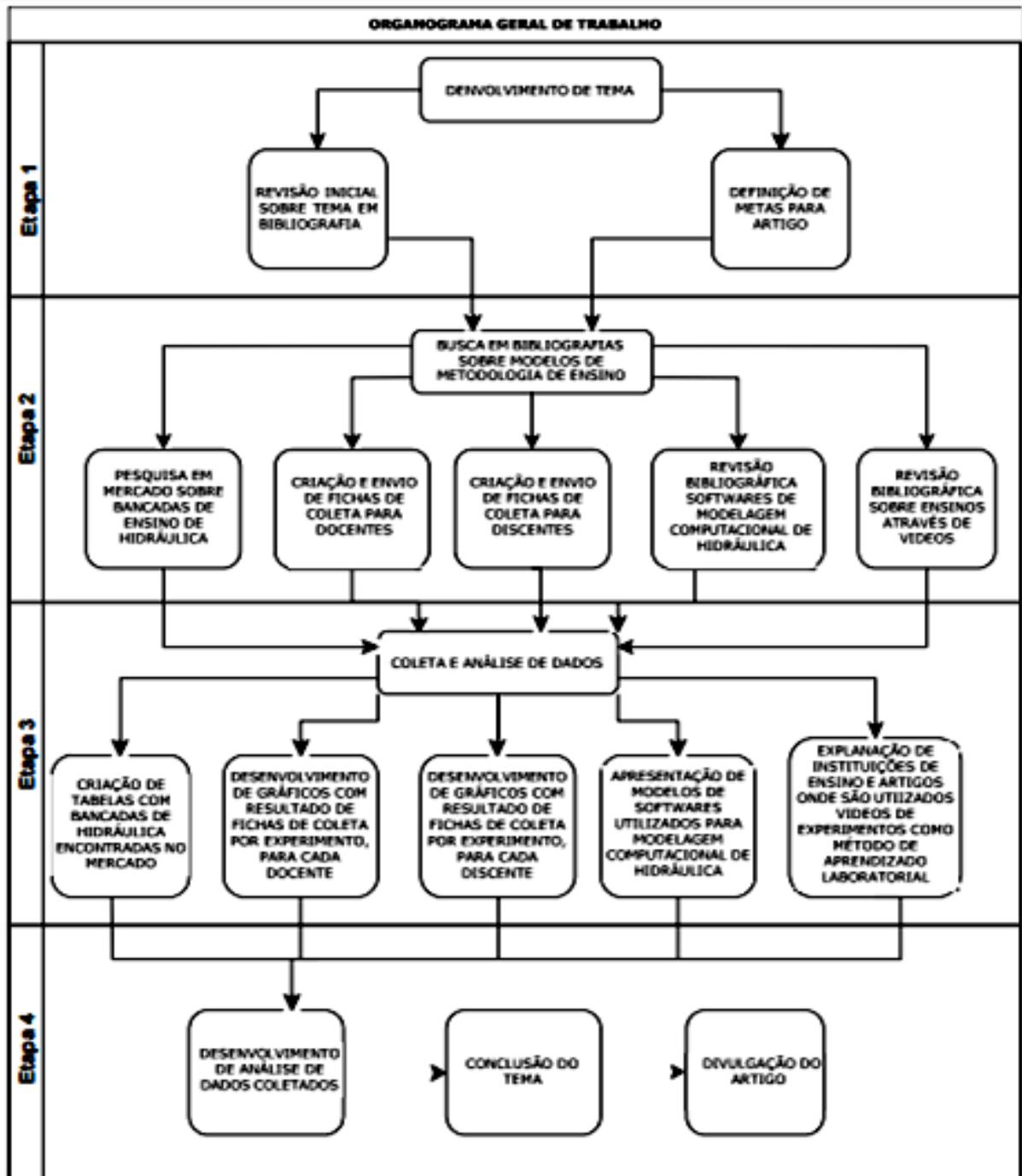


Figura 1 - Organograma dos procedimentos adotados para a execução do trabalho.

#### 4. RESULTADO

A análise de dados bibliográficos evidenciou que o método de ensino através de vídeos experimentais ou de modelagem computacional, apresentam praticidade quanto ao tempo para execução, redução de custos para compras de equipamentos laboratoriais e possibilidade de trabalho experimental com alunos através de ensino remoto.

Foi elaborado o Quadro 1 contendo os materiais didáticos disponíveis a venda na respectiva empresa mencionada. O objetivo destes quadros é evidenciar o que o mercado tem a oferecer.

Quadro 1 – Empresas e seus produtos a venda.

Empresa 1
1. Bancada Didática para Experimentos em Canal de Escoamento
2. Bancada Didática para Experimentos em Turbina Pelton
3. Bancada Didática para Experimentos de Jatos Livres
4. Bancada Didática para Experimentos de Perda de Carga em Tubulações
5. Bancada Didática para Experimentos de Associação de Bombas Centrífugas.
6. Bancada Didática para Experimento de Reynolds
7. Bancada Didática para Estudo de Golpe de Ariete (Carneiro Hidráulico)
8. Bancada Didática de Stevin e Pascal / Viscosímetro de Stokes
9. Conjunto Básico para Mecânica dos Fluidos
10. Conjunto Boyle Mariotte, com Sensor e Software
11. Conjunto Mecânica dos Sólidos e dos Fluidos (II)
12. Conjunto para Dinâmica dos Líquidos, com Sensor e Software
13. Conjunto para Golpe de Ariete
14. Conjunto para Hidráulica com Sensor, Software e Interface - Hidrodinâmica
Empresa 2
1. Bancada de hidráulica volumétrica
2. Bancada para ensaio de testes de bombas centrífugas em série e paralelo
3. Bancada experimental com depósito de sedimentação
4. Canal hidrodinâmico
5. Planta piloto para o estudo de perdas de pressão em sistemas hidráulicos
6. Túnel de vento subsônicos para estudos e ensaios
7. Canal hidráulico para ensaios abertos e fechados
8. Sistema de estuo em hidrostática
9. Planta piloto de perdas de pressão
10. Bancada hidrostática
11. Treinador de medida de pressão
12. Treinador de golpe de Ariete
13. Demonstrador de hidro cinética
14. Unidade de fluxo de ar
15. Demonstrador de canal de transporte de sedimentos

Quadro 1 – Empresas e seus produtos a venda. (cont.)

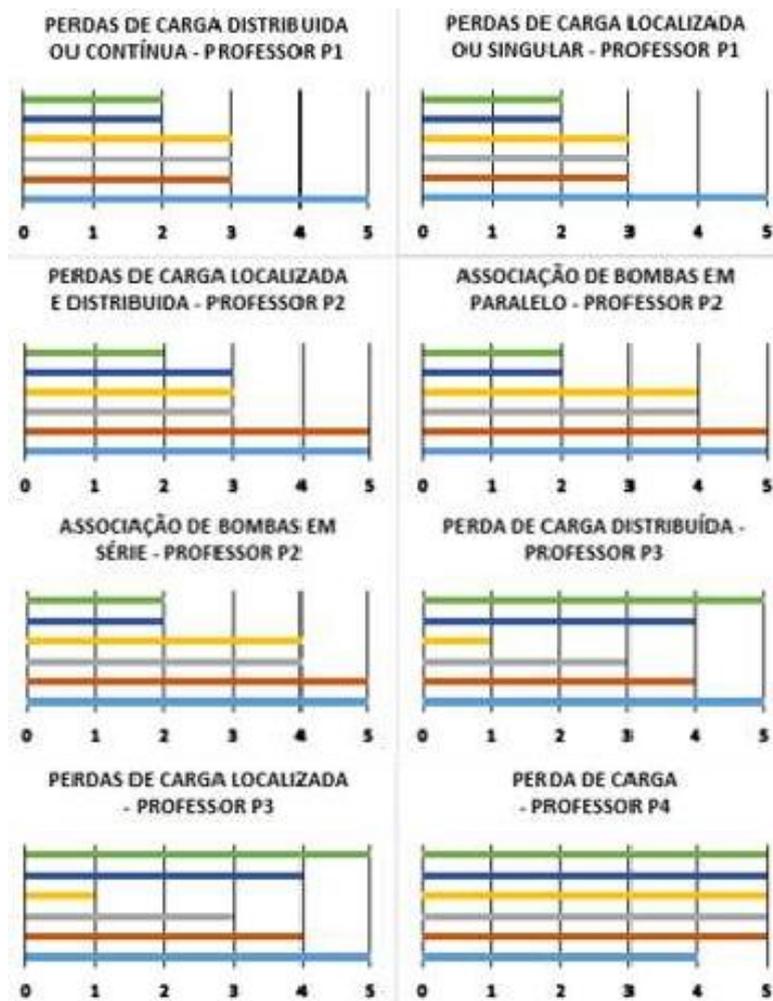
Empresa 3
1. Aparato de Hele-Shaw
2. Aparato de perda de carga
3. Aparato para geração de Vórtice
4. Automation Studio™ – Hidráulica e Pneumática
5. Bancada de hidráulica gravitacional
6. Bancada de medição de pressão
7. Calibração de medidores de vazão
8. Canais de escoamento de 2,5 e 5,5 metros com transporte de sedimentos
9. Canais de escoamento de 4 e 8 metros
10. Canais de escoamento de 8 e 12 metros
11. Descarga sobre uma fenda
12. Dinamômetro universal
13. Escoamento através de um orifício
14. Fluidização gás-sólido
15. Hidrostática e propriedade de fluídos
16. Impacto de um jato
17. Laboratório modular para treinamento de mecânica dos fluidos
18. Medidor de fluxo
19. Medidor de Venturi
20. Número de Reynolds e escoamento transicional
21. Perda de carga em tubulações
22. Perda de carga em tubo
23. Perdas em sistemas de tubulação
24. Pico de pressão e golpe de Ariete em tubos
25. Reservatório modelo e torre de suprimento
26. Secagem em leito fluidizado gás-sólido
27. Sistema de treinamento em ventilador centrifugo
28. Sistema de ensaio de bomba centrifuga
29. Sistema de ensaios de bombas de dois estágios (Série e em paralelo)
30. Sistema de treinamento de bomba azial
31. Sistema de treinamento de bomba deslocamento positivo
32. Sistema de treinamento em bomba centrifuga
33. Sistema de treinamento em compressor alternativo
34. Sistema de treinamento em compressor centrifugo
35. Sistema de treinamento em ventilador axial
36. Tanque de permeabilidade
37. Trajetória de um jato e escoamento através de um orifício
38. Turbina Francis
39. Turbina Pelton
40. Unidade de cavitação

Quadro 1 – Empresas e seus produtos a venda. (cont.)

Empresa 4
1. Bancada para estudo de hidrologia
2. Trocadores de calor com CLP e software supervisorio
3. Bancada para estudo de golpe de Ariete
4. Bancada para experimento de Reynold
5. Bancada de dinamômetro elétrico
6. Bancada de dinamômetro hidráulico
7. Bancada de refrigeração por compressão de Voltaire
8. Bancada de medição por vazão de ar e água
9. Bancada de vazão de ventilador centrífugo radial
10. Bancada de mecânica dos fluidos com associação de bombas
11. Bancada para estudo de turbinas hidráulicas
12. Bancada para estudo de bombas hidráulica
13. Bancada de mecânica dos fluidos com aquisição de dados
14. Bancada didática para ensino de descarga em orifícios
15. Bancada para estudo de bombas e associações
16. Bancada para estudo de bombas e associações a velocidade variável
17. Bancada para estudos de estática dos fluidos
18. Bancada de mecânica dos fluidos dupla
19. Canal de escoamento hidráulico

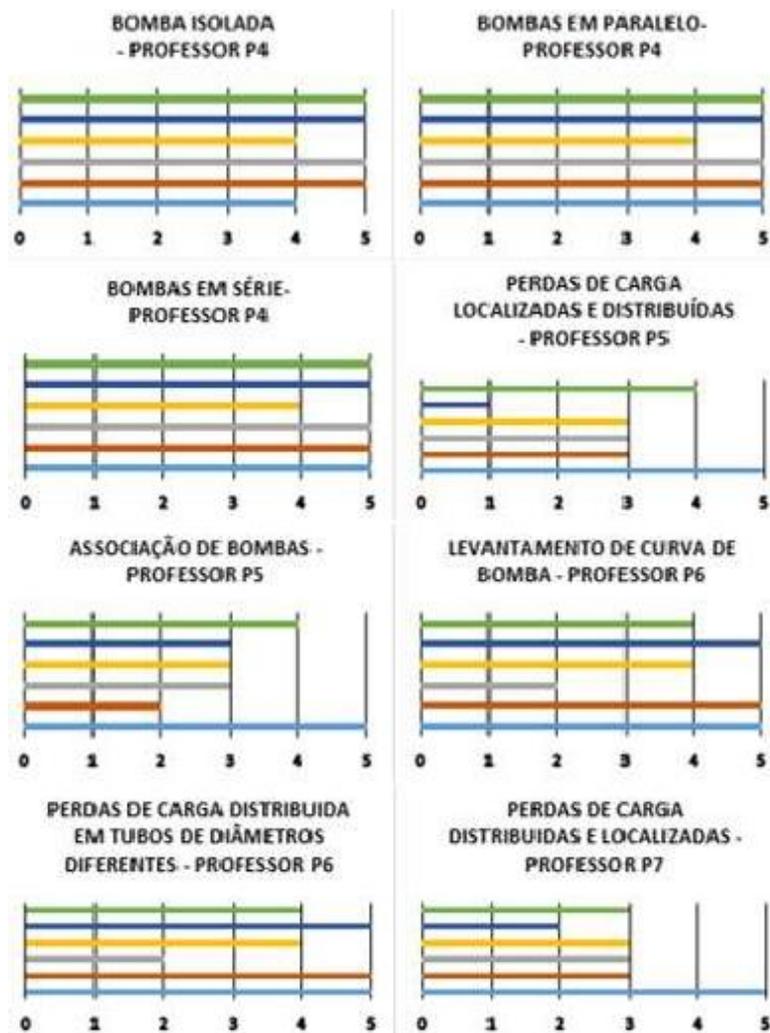
As fichas de coleta preenchidas por docentes, mostrados na Figura 2, evidenciaram que a utilização laboratorial como método de ensino é necessária para agregar aos conhecimentos dos alunos, visto que a média de resultados para valor conceitual considerando a opinião de todos os professores e envolvendo todos os experimentos, é de 4,62. Este valor evidencia que o valor conceitual é quase excelente, o que acaba por indicar que temos a necessidade pela utilização de métodos complementares de ensino.

No Quadro 2 foram associados os valores julgados pelos professores para cada experimento, referente aos quais foram geradas média de valores para cada categoria.



<p><b>■ MODELAGEM COMPUTACIONAL</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- PODE SER TOTALMENTE SUBSTITUÍDO</li> <li>2- USO COMPLEMENTAR DE PELO MENOS 75 % T ATIVIDADES</li> <li>3- USO PARCIAL SUBSTITUINDO 50 % DO EXPERIMENTO</li> <li>4- USO MÍNIMO PARA ENFATIZAR CONCEITOS TEÓRICOS</li> <li>5- SEM NECESSIDADE DE USO DE MODELOS</li> </ol>	<p><b>■ COMPLEXIDADE</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- GRANDE DIFICULDADE: IMPOSSIBILIDADE DOS ALUNOS REALIZAREM SOZINHOS EM 100% DO EXPERIMENTO</li> <li>2- GRANDE DIFICULDADE: IMPOSSIBILIDADE DOS ALUNOS REALIZAREM SOZINHOS EM 75% DO EXPERIMENTO</li> <li>3- MEDIANA: IMPOSSIBILIDADE DOS ALUNOS REALIZAREM SOZINHOS EM 50% DO EXPERIMENTO</li> <li>4- PEQUENA: IMPOSSIBILIDADE DOS ALUNOS REALIZAREM SOZINHOS EM 25% DO EXPERIMENTO</li> <li>5- MUITO SIMPLES: OS ALUNOS CONSEGUEM REALIZAR O EXPERIMENTO TOTALMENTE SOZINHOS</li> </ol>	<p><b>■ PARTICIPAÇÃO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- INSUFICIENTE: ALUNOS SOMENTE COMO OBSERVADORES</li> <li>2- MÍNIMA: GRUPOS DE 10 ALUNOS EM CADA EXPERIMENTO</li> <li>3- MEDIANA: GRUPOS DE 7 A 9 ALUNOS POR EXPERIMENTO</li> <li>4- SATISFATÓRIA GRUPOS DE 4 A 6 ALUNOS POR EXPERIMENTO</li> <li>5- PARTICIPAÇÃO EFETIVA: GRUPOS DE 3 ALUNOS POR EXPERIMENTO</li> </ol>
<p><b>■ TEMPO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- MUITO ELEVADO: INVIABILIZAÇÃO DA REPETIÇÃO DO EXPERIMENTO</li> <li>2- ELEVADO: REALIZAÇÃO DE DUAS TOMADAS POR TURMA</li> <li>3- MEDIANO: REALIZAÇÃO DE TRÊS TOMADAS POR TURMA</li> <li>4- SATISFATÓRIO: REALIZAÇÃO DE QUATRO TOMADAS POR TURMA</li> <li>5- EXCELENTE: REALIZAÇÃO DE PELO MENOS CINCO TOMADAS POR TURMA</li> </ol>	<p><b>■ VÍDEO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- PODE SER TOTALMENTE SUBSTITUÍDO</li> <li>2- USO COMPLEMENTAR DE PELO MENOS 75 % DAS ATIVIDADES</li> <li>3- USO PARCIAL SUBSTITUINDO 50 % DO EXPERIMENTO</li> <li>4- USO MÍNIMO PARA ILUSTRAR ALGUNS INSTRUMENTOS DE USO</li> <li>5- SEM NECESSIDADE DE USO DE VÍDEO</li> </ol>	<p><b>■ VALOR CONCEITUAL</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- MUITO BAIXO</li> <li>2- BAIXO</li> <li>3- INTERMEDIÁRIO</li> <li>4- BOM</li> <li>5- EXCELENTE</li> </ol>

Figura 2 – Fichas de coleta preenchidas por docentes durante o trabalho.



<p><b>MODELAGEM COMPUTACIONAL</b></p> <p>1- PODE SER TOTALMENTE SUBSTITUÍDO</p> <p>2- USO COMPLEMENTAR DE PELO MENOS 75 % (ATIVIDADES)</p> <p>3- USO PARCIAL SUBSTITUINDO 50 % DO EXPERIMENTO</p> <p>4- USO MÍNIMO PARA ENFATIZAR CONCEITOS TEÓRICOS</p> <p>5- SEM NECESSIDADE DE USO DE MODELOS</p>	<p><b>COMPLEXIDADE</b></p> <p>1- GRANDE DIFICULDADE: IMPOSSIBILIDADE DOS ALUNOS REALIZAREM SOZINHOS EM 100% DO EXPERIMENTO</p> <p>2- GRANDE DIFICULDADE: IMPOSSIBILIDADE DOS ALUNOS REALIZAREM SOZINHOS EM 75% DO EXPERIMENTO</p> <p>3- MEDIANA: IMPOSSIBILIDADE DOS ALUNOS REALIZAREM SOZINHOS EM 50% DO EXPERIMENTO</p> <p>4- PEQUENA: IMPOSSIBILIDADE DOS ALUNOS REALIZAREM SOZINHOS EM 25% DO EXPERIMENTO</p> <p>5- MUITO SIMPLES: OS ALUNOS CONSEGUEM REALIZAR O EXPERIMENTO TOTALMENTE SOZINHOS</p>	<p><b>PARTICIPAÇÃO</b></p> <p>1- INSUFICIENTE: ALUNOS SOMENTE COMO OBSERVADORES</p> <p>2- MÍNIMA: GRUPOS DE 10 ALUNOS EM CADA EXPERIMENTO</p> <p>3- MEDIANA: GRUPOS DE 7 A 9 ALUNOS POR EXPERIMENTO</p> <p>4- SATISFATÓRIA GRUPOS DE 4 A 6 ALUNOS POR EXPERIMENTO</p> <p>5- PARTICIPAÇÃO EFETIVA: GRUPOS DE 3 ALUNOS POR EXPERIMENTO</p>
<p><b>TEMPO</b></p> <p>1- MUITO ELEVADO: INVIABILIZAÇÃO DA REPETIÇÃO DO EXPERIMENTO</p> <p>2- ELEVADO: REALIZAÇÃO DE DUAS TOMADAS POR TURMA</p> <p>3- MEDIANO: REALIZAÇÃO DE TRÊS TOMADAS POR TURMA</p> <p>4- SATISFATÓRIO: REALIZAÇÃO DE QUATRO TOMADAS POR TURMA</p> <p>5- EXCELENTE: REALIZAÇÃO DE PELO MENOS CINCO TOMADAS POR TURMA</p>	<p><b>VÍDEO</b></p> <p>1- PODE SER TOTALMENTE SUBSTITUÍDO</p> <p>2- USO COMPLEMENTAR DE PELO MENOS 75 % DAS ATIVIDADES</p> <p>3- USO PARCIAL SUBSTITUINDO 50 % DO EXPERIMENTO</p> <p>4- USO MÍNIMO PARA ILUSTRAR ALGUNS INSTRUMENTOS DE USO</p> <p>5- SEM NECESSIDADE DE USO DE VÍDEO</p>	<p><b>VALOR CONCEITUAL</b></p> <p>1- MUITO BAIXO</p> <p>2- BAIXO</p> <p>3- INTERMEDIÁRIO</p> <p>4- BOM</p> <p>5- EXCELENTE</p>

Figura 2 – Fichas de coleta preenchidas por docentes durante o trabalho. (cont.)

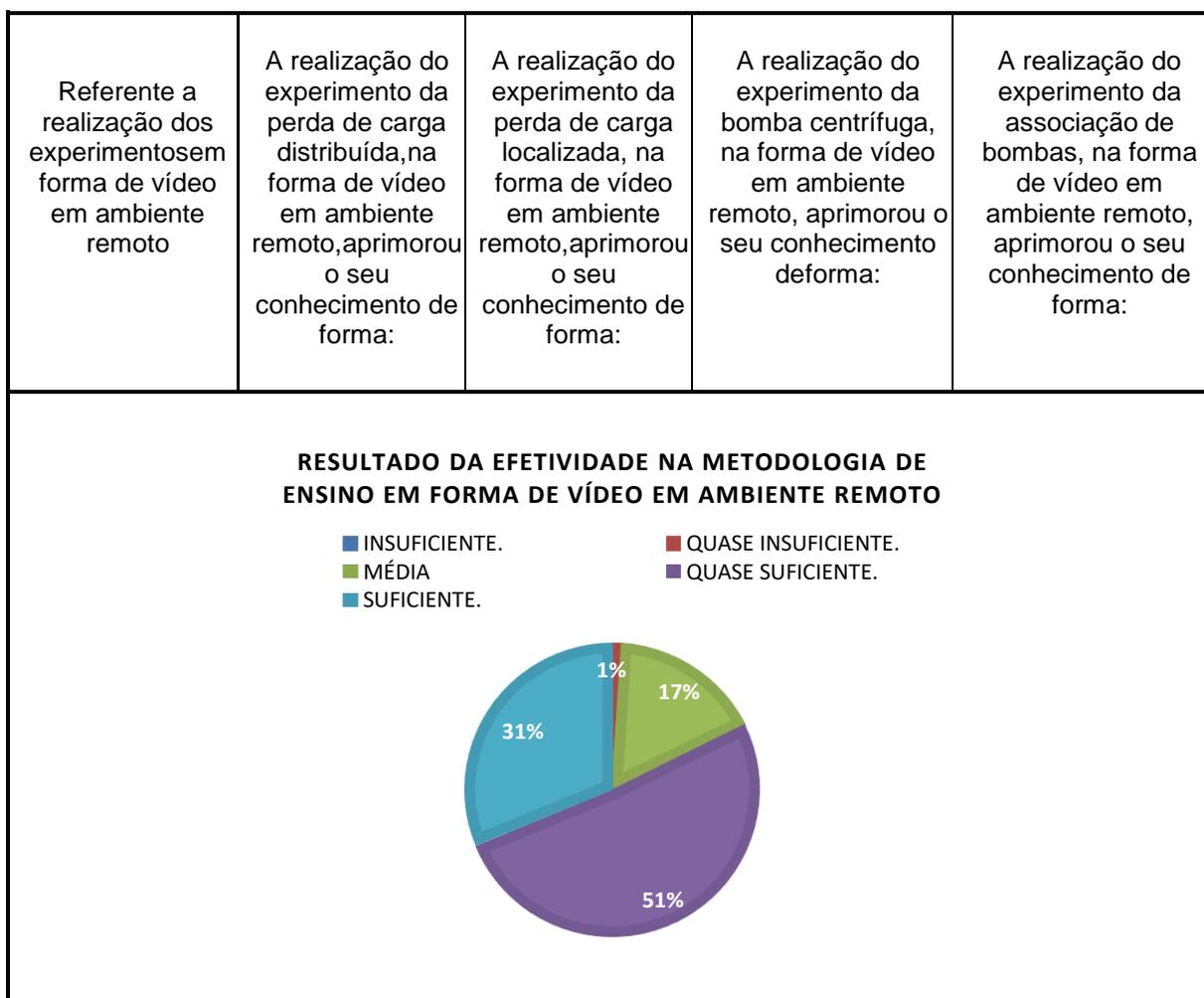
Quadro 2 – Média de notas de professores por categoria de avaliação.

Professor colaborador	Valor conceitual	Complexidade	Tempo	Participação	Vídeo	Modelagem Computacional
Professor 1	4,18	3,55	2,45	2,82	2,64	2,55
Professor 2	4,40	3,20	3,80	2,00	2,60	2,60
Professor 3	4,67	5,00	4,50	3,83	2,58	2,42
Professor 4	4,62	3,15	3,73	1,42	4,00	5,00
Professor 5	4,57	4,71	4,71	4,21	4,50	4,71
Professor 6	5,00	2,33	3,67	4,11	2,78	3,22
Professor 7	5,00	5,00	3,60	4,00	4,90	4,30
Professor 8	4,50	3,88	3,38	2,88	2,63	3,00
Média geral	4,62	3,85	3,73	3,16	3,33	3,47

As fichas de coleta, preenchidas por discentes, evidenciaram que o grupo de alunos contribuintes com a pesquisa priorizaram por um ensino onde há suporte de experimentos laboratoriais para entendimento dos conceitos de hidráulica, sendo a amostragem referente a 24 alunos participantes.

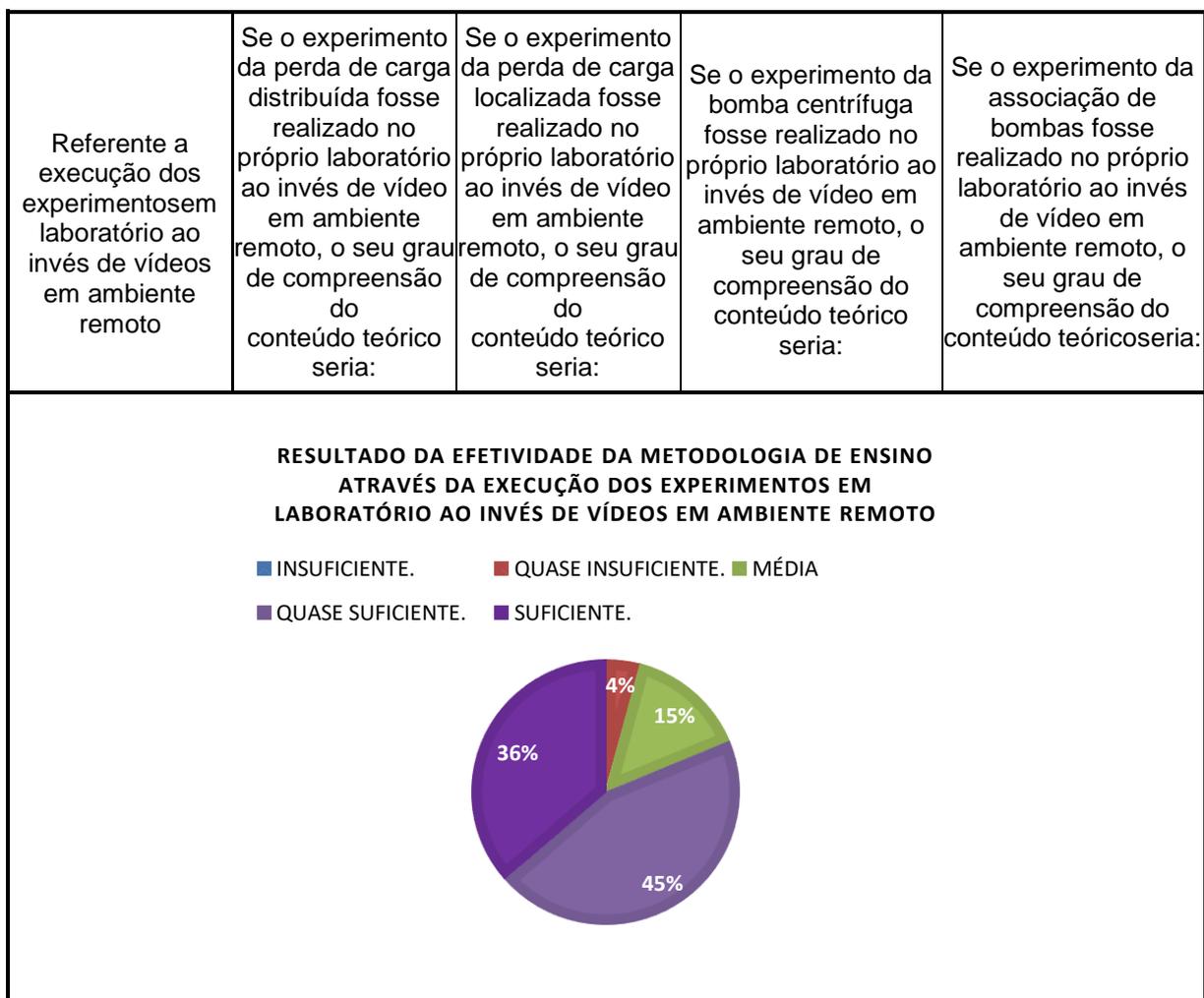
No Quadro 3, fazendo a análise da resposta de 24 alunos para cada tipo de experimento, considerando 4 experimentos e a metodologia de ensino através de ensino remoto por vídeo, evidencia-se que 51 % dos alunos consideram que o aprendizado por vídeo é parcialmente adequado e 31 % dos alunos consideram totalmente adequado para ser utilizado, sem que aconteça a evasão na qualidade do ensino.

Quadro 3 – Resultado de dados recebidos através de fichas de coleta para alunos.



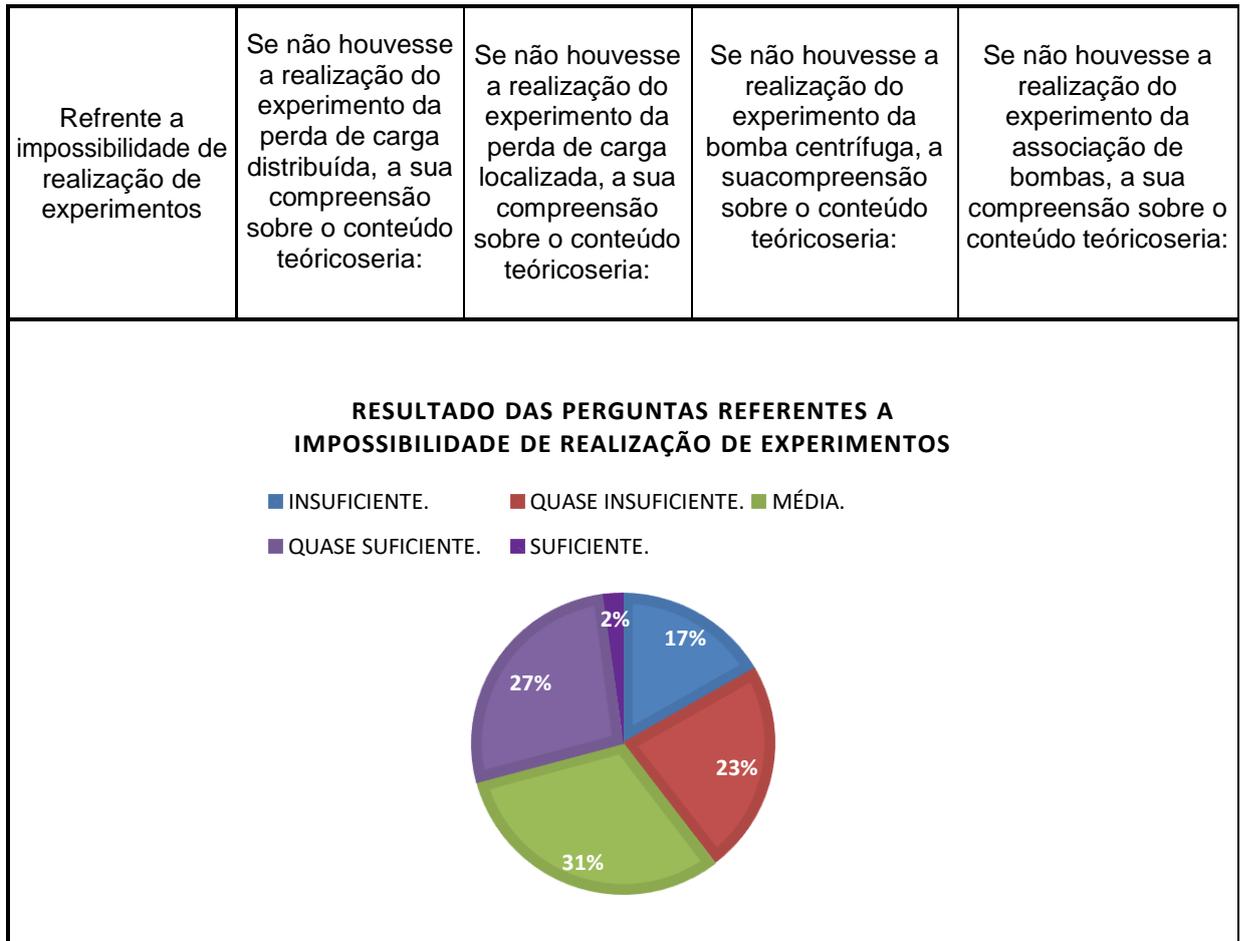
No Quadro 4, fazendo a análise da resposta de 24 alunos para cada tipo de experimento, considerando 4 experimentos e a metodologia de ensino através da utilização de laboratórios de hidráulica ao invés de ensino remoto por vídeo, evidencia-se que 45 % dos alunos consideram que o aprendizado no laboratório é parcialmente adequado e 36 % dos alunos consideram totalmente adequado para ser utilizado.

Quadro 4 – Resultado de dados recebidos através de fichas de coleta paradiscntes.



No Quadro 5, fazendo a análise da resposta de 24 alunos para cada tipo de experimento, considerando 4 experimentos e o ensino sem o suporte de metodologias adicionais além de bibliografia, evidencia-se os extremos em que 2% consideram suficiente apenas bibliografia e 17% consideram insuficiente apenas com bibliografia.

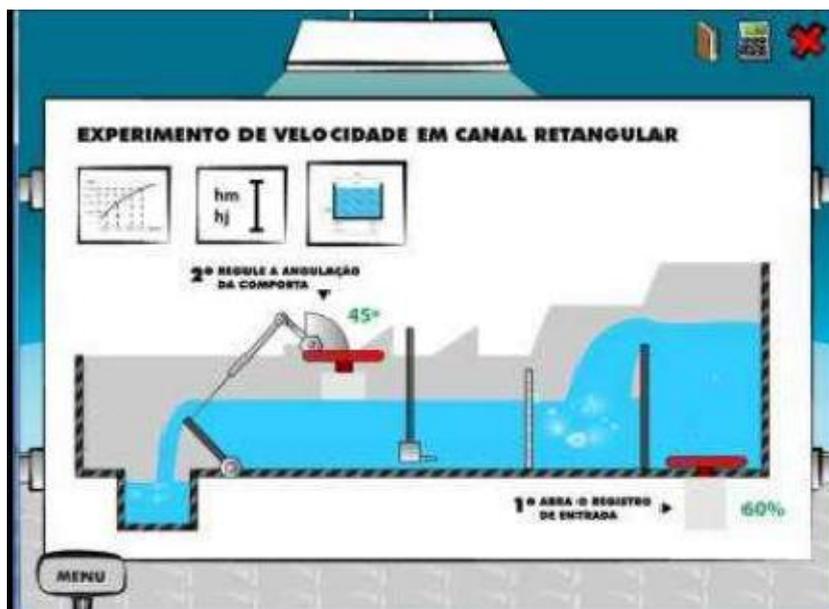
Quadro 5 – Resultado de dados recebidos através de fichas de coleta paradiscntes.



A metodologia de ensino através de modelagem computacional por softwares pode ser encontrada online por diversos autores e instituições. O Laboratório Virtual de Aprendizagem em Hidráulica (LVAH), permite a simulação de diversos processos de experimentos laboratoriais de hidráulica, tendo como exemplo na Figura 3a o experimento de aferição de Venturi e na Figura 3b a velocidade em canal retangular (GUILLERMO ET al., 2017).



(a)



(b)

Figura 3 – (a) LVAH, simulação computacional de medição de Venturi; (b) LVAH, simulação computacional de velocidade em canal. Fonte: GUILLERMO et al., 2017.

O Centro de Estudos Hidráulicos da Escola Colombiana de Engenharia Garavito (CEH-ECI), possui um software de modelagem computacional, evidenciado na Figura 4, cujo mesmo trabalha o processamento de dados junto ao desenvolvimento de experimentos, o que facilita o ensino-aprendizado dos estudantes (DÍAZ et al., 2018).

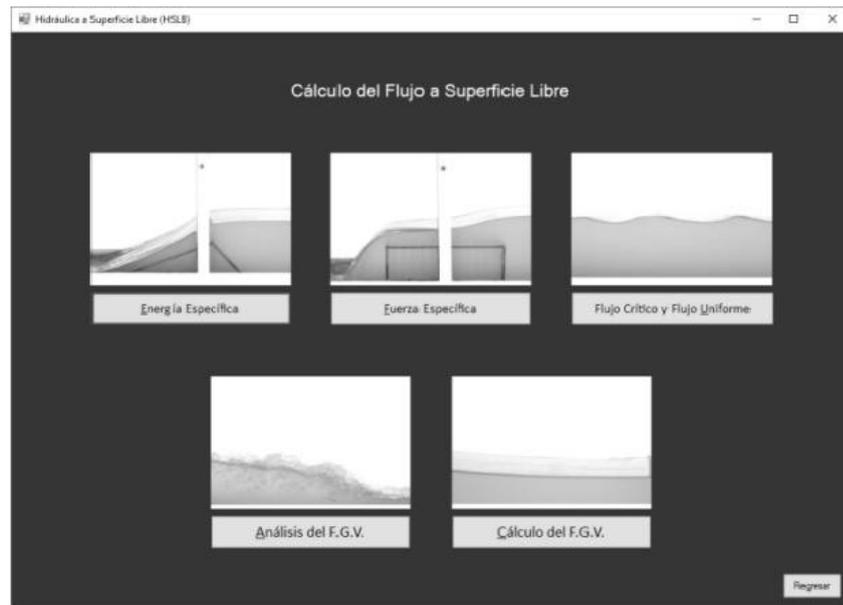
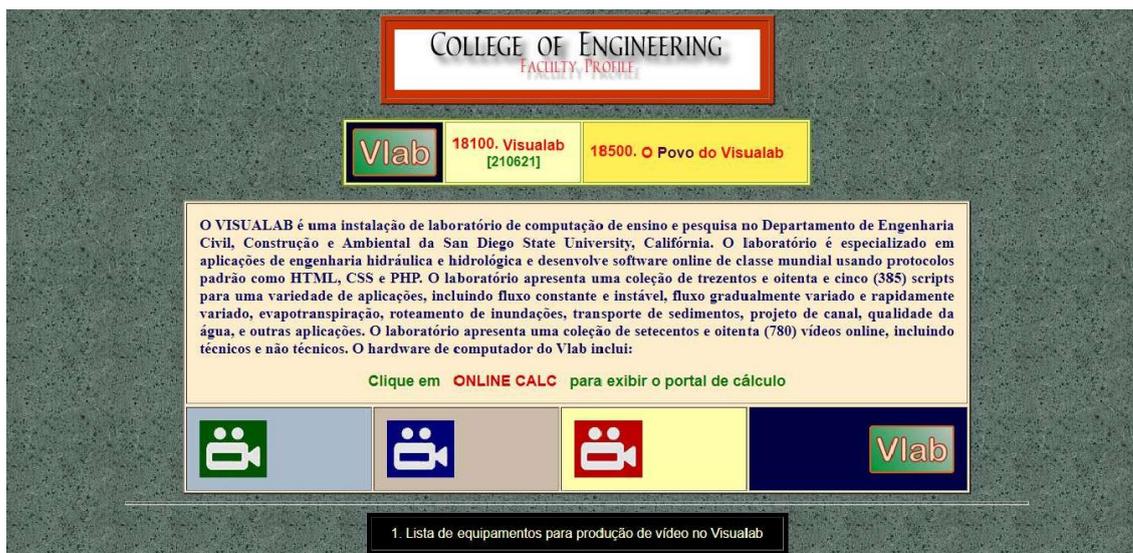
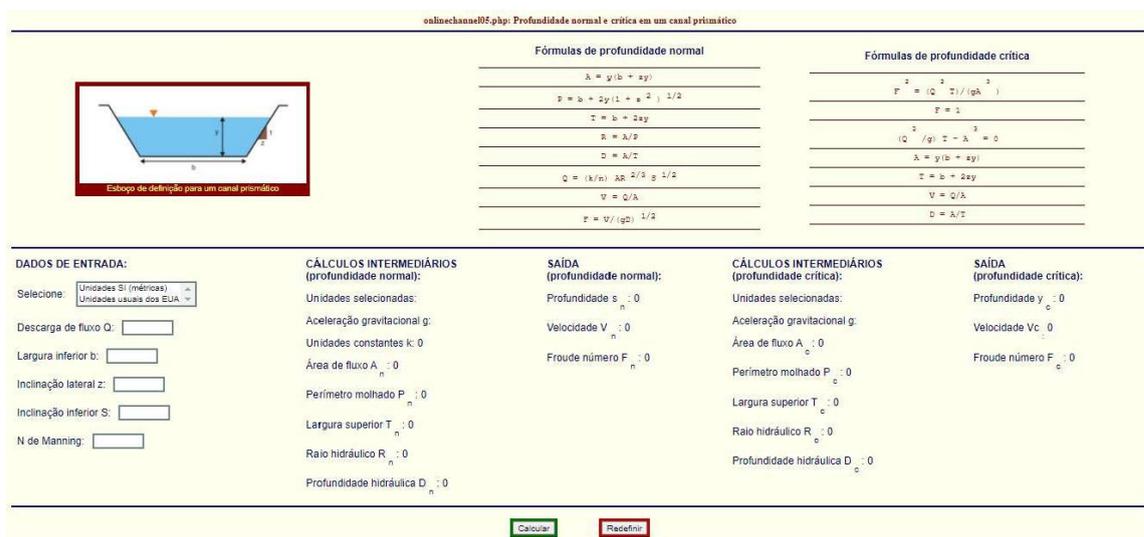


Figura 4 – Software de Hidráulica Experimental, simulação computacional de cálculo de fluido em superfície livre. Fonte: DÍAZ et al., 2018.

Após revisão de literatura, foi possível encontrar outra instituição que utiliza modelagem computacional como método de ensino e também utiliza de ensino por vídeo. O Visualab é uma instalação que proporciona a execução de softwares online de classe mundial mostrado na Figura 5a, proporcionando modelagem computacional como apresentado na Figura 5b e também a produção de vídeos dos experimentos. Conta com um acervo de trezentos e oitenta e cinco (385) scripts para diversas aplicações de experimentos laboratoriais e setecentos e oitenta vídeos online, contendo vídeos técnicos e não técnicos. Esta ferramenta pertence ao Departamento de Engenharia Civil, Construção e Ambiental da San Diego State University, com sede na Califórnia (PONCE, 1999).



(a)



(b)

Figura 5 – (a) Interface inicial Website Visualab; (b) Interface de Website para cálculo de profundidade normal e crítica em um canal prismática, no Visualab. Fonte: PONCE, 1999.

## 5. DISCUSSÃO

A revisão bibliográfica pode evidenciar métodos de ensino alternativos, de baixo custo, para aplicação em instituições de ensino. Com a aquisição de softwares de modelagem computacional, reduz se a demanda de espaços grandes dedicados, como os de laboratórios com diversas bancadas, e ainda assim os mesmos veem a garantir uma boa fundamentação para o conhecimento do aluno.

Quando aplicamos a situação de pandemia ou ensino remoto, a utilização do ensino híbrido através de aulas presenciais com aulas por vídeo podem garantir uma solução de ensino, garantindo que o aluno tenha uma boa formação sem perder o conceito necessário (GUILLERMO et al., 2017).

As fichas de coleta evidenciam que, para o aluno de engenharia ter uma boa formação em estudos de hidráulica, é imprescindível que o mesmo tenha acesso a um meio onde possa explorar os conceitos práticos do comportamento dos experimentos de hidráulica. Mesmo não tendo acesso a equipamentos físicos, o estudo por vídeo ou modelagem computacional podem sanar esta necessidade para uma boa formação do aluno.

Analisando a média geral, mostrada na Quadro 5, de todas as avaliações feitas pelos professores colaboradores, e ainda arredondando os números para se obter uma nota final mais exata, chegamos a: Valor conceitual - 5, Complexidade - 4, Tempo - 4, Participação - 3, Vídeo - 3 e Modelagem computacional - 3.

Dados os valores acima, é possível verificar que, em geral, os experimentos se mostram imprescindíveis para o ensino-aprendizado do aluno de engenharia civil. Mostra também que um fator que influencia na questão de transmissão de conhecimento ao aluno seria a complexidade e o tempo de execução. Por demandar bastante atenção e bastante tempo de operação de equipamento, os valores de participação acabam por serem medianos.

Os docentes e discentes demonstraram resultados próximos quanto a necessidade complementar a bibliografia para o ensino. A experiência de professores da área de hidráulica em diversos laboratórios vinculados com a necessidade de alunos recém-chegados em laboratórios, evidenciou a necessidade de metodologias complementares para o estudo de hidráulica.

A crescente demanda de laboratórios de hidráulica melhores estruturados, com diversos tipos de equipamentos de estudo do comportamento de fluidos, para turmas de engenharia civil, ocasiona uma grande necessidade de espaço para locação e participação dos alunos, tempo para que todo o processo a qual o fluido esteja sendo submetido por um equipamento possa acontecer e verba disponível por parte da instituição de ensino pois se trata de equipamentos específicos, com diversos tipos de calibragem própria de cada um e também com peças e motores que apresentam alto custo.

Diante de toda a pesquisa feita, sobre a qualidade do ensino-aprendizagem do aluno de engenharia civil, de quais equipamentos tem disponíveis para aquisição e implementação em um laboratório de hidráulica, qual a relevância de alguns experimentos para a transmissão do conhecimento e também qual a diferença na utilização de um método teórico, para um físico e ainda para um computacional, tem-se por solução a utilização de métodos de ensino através da modelagem computacional.

Visto que a comparação no que se apresenta de resultados de um experimento na realidade, com os resultados teóricos e ainda com resultados de modelagem computacional, conclui-se que ambos apresentam resultados muito próximos entre si, o que dá margem para a escolha de qual oferece melhor um custo-benefício.

## **6. CONCLUSÃO**

A necessidade de explorar novos métodos de ensino fez com que a busca por soluções diversificadas de ensino fosse iniciada. Com a opção de alunos terem seu conhecimento laboratorial através de vídeo ou modelagem computacional, pôde-se ter uma diversificação na metodologia escolhida pela faculdade para implementar nos cursos que envolvem a área de hidráulica.

O laboratório físico pode ser adquirido pelas instituições no mercado para as demandas que os cursos necessitam, ou podem ser produzidos através de meios alternativo. O uso de bancadas em laboratórios estimula, além do aprendizado, o trabalho em equipe entre alunos para resolução dos experimentos, como evidenciado nas fichas de coleta por docentes.

O uso de vídeos de experimentos laboratoriais para complementar o ensino de hidráulica foi considerado uma metodologia adequada para ser implementada em cursos que envolvem hidráulica. O fato pode ser condizente com a realidade de que, o tempo para observação e acompanhamento de experimentos laboratoriais se reduz consideravelmente. Esta metodologia ainda possibilita contornar situações onde não há a possibilidade de uma análise laboratorial de experimentos em laboratórios físicos.

A utilização de modelagem computacional mostrou incentivar o aluno a realizar os

experimentos. A possibilidade de poder fazer a simulação de experimentos dentro e fora da instituição, utilizando de recursos de softwares, faz com que um experimento possa ser feito e refeito por alunos sem a necessidade de aguardar uma bancada estar disponível para o mesmo.

Após as coletas de informações sobre as diversas metodologias de ensino, neste trabalho foi possível verificar que para o aluno poder ter um entendimento efetivo dos conceitos de hidráulica, é necessário que o mesmo tenha acesso a ferramentas além da bibliografia, seja ela através de laboratório físico na instituição, software de modelagem computacional ou vídeo.

É possível concluir ainda que em situações de ensino híbrido ou ead, a modelagem computacional ou o vídeo são metodologias de ensino importantes para serem utilizadas a fim de garantir que o aluno tenha um bom entendimento dos conceitos de hidráulica durante seu período de curso.

Um método de incentivo ao aprendizado do aluno em laboratórios de hidráulica, seria o investimento em projetos feitos por alunos para demonstração do comportamento de fluidos. Além de fazer com que o aluno crie algo autoral, que seja feito com os materiais que o mesmo tem em seu alcance, seria uma viabilização de como adquirir equipamentos para a própria instituição. Incentivando que os alunos criem os equipamentos e fazendo com que os mesmos ganhem prestígio pela elaboração, a instituição de ensino por fim acaba conseguindo o objetivo de possibilitar a boa formação do aluno.

## 7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. A. N. et al. Uma análise crítica do laboratório didático de física: a experimentação como uma ferramenta para a cultura científica. **Periódicos UFMG**. Minas Gerais. 08 nov. 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1161.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2021.

AVELINO, M. R.; SOUZA, R. Bancada didática de medição de vazão no ensino de mecânica dos fluidos na graduação. **ResearchGate**. Brasil. 22-26 nov. 1999. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/322068930\\_BANCADA\\_DIDATICA\\_DE\\_MEDICAO\\_DE\\_VAZAO\\_NO\\_ENSINO\\_DE\\_MECANICA\\_DOS\\_FLUIDOS\\_NA\\_GRADUACAO](https://www.researchgate.net/publication/322068930_BANCADA_DIDATICA_DE_MEDICAO_DE_VAZAO_NO_ENSINO_DE_MECANICA_DOS_FLUIDOS_NA_GRADUACAO)>. Acesso em: 23 dez. 2021.

BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M. O laboratório didático no ensino de química:

uma experiência no ensino público brasileiro. **Revista Ibero Americana de Educação**. Goiás, 10 jan. 2009. Disponível em: <<https://rieoei.org/RIE/article/view/2239>>. Acesso em: 04 dez. 2021.

CHANSON, H. Enhancing Students' Motivation in the Undergraduate Teaching of Hydraulic Engineering: Role of Field Works. **ASCE**. Brisbane, Out. 2004. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%291052-3928%282004%29130%3A4%28259%29>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

DÍAZ, H. A. R. et al. Desarrollo de un aplicativo de apoyo para la enseñanza de la hidráulica experimental. **IAHR**. Buenos Aires, Set. 2018. Disponível em: <[https://www.ina.gob.ar/congreso\\_hidraulica/resumenes/LADHI\\_2018\\_RE\\_343.pdf](https://www.ina.gob.ar/congreso_hidraulica/resumenes/LADHI_2018_RE_343.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2022.

ESPINDOLA, A. C. O uso de projetos experimentais para a integração entre teoria e prática no ensino de física. **BDTD**. 2007. Disponível em: <[http://bdtb.ibict.br/vufind/Record/UFN-1\\_fc8a3c1e116a2ccb5e6f5427d86d18a5](http://bdtb.ibict.br/vufind/Record/UFN-1_fc8a3c1e116a2ccb5e6f5427d86d18a5)>. Acesso em: 23 dez. 2021.

GOMES, C. O.; GERMANO, R. M. Processo ensino/aprendizagem no laboratório de enfermagem: visão de estudantes. **UFRGS**. [S. I.] 2007. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/RevistaGauchadeEnfermagem/article/view/4693/2598>>. Acesso em: 04 dez. 2021.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **UFRGS**. 22 ago. 2006. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3720>>. Acesso em: 24 dez. 2021.

GUEDES, A. et al. Do papel e lápis ao mundo real: estudo de caso no ensino da mecânica de fluidos. **COBENGE**. Guimarães, 16-19 set. 2014. Disponível em: <<https://ptdocz.com/doc/159045/do-papel-e-l%C3%A1pis-ao-mundo-real--estudo-de-caso-no>>. Acesso em: 25 dez. 2021.

GUILLERMO, O. E. P. et al. Ensino e aprendizagem de hidráulica através de um laboratório virtual de aprendizagem. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**. [S. I.] 08 mar. 2017. Disponível em: <<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/reiec/article/view/7652/9976>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

JONG, T. de et al. Physical and virtual laboratories in science and engineering education. **Science**. [S. I.] 19 abr. 2013. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1230579>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MONTEIRO, A. C. L.; SOUZA, K. C. de O. Uso de bancada experimental instrumentalizada como proposta de ferramenta no ensino da hidráulica. **ABENGE**. 27-30 set. 2016. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/3/anais/anais/161077.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2021.

MOSALAM et al. Teaching Innovation through Hands-on-Experience Case Studies Combined with Hybrid Simulation. **ASCE**. Berkeley, Nov. 2012. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29EI.1943-5541.0000146>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

NIRMALAKHANDAN et al., Teaching Tools to Promote Active Learning: Case Study. **ASCE**. LasCruces, Jan. 2007. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%291052-3928%282007%29133%3A1%2831%29>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

PONCE, Victor Miguel. **VISUALAB**, [S. I.]. 1999. Disponível em: <<http://ponce.sdsu.edu/visualab.html>>. Acesso em: 02 fev. 2022.

PRAÇA, F. S. G.. Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. **UNIESP**. [S. I.]Jan./jul. 2015. Disponível em: <<http://uniesp.edu.br/sites/biblioteca/revistas/20170627112856.pdf>>. Acesso em: 10jan. 2022.

SILVA, R. B. et al. Projeto e construção de uma planta didática para ensino de estratégias de controle de nível, vazão e temperatura em cursos de engenharia. **ABENGE**. 2012. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/interna.php?ss=7&ctd=88>>. Acesso em: 01 jan. 2022.

TOMICH, R. G. P. et al. Metodologia para avaliação das boas práticas de fabricação em indústrias de pão de queijo. **SciELO**. Campinas, Jan./mar. 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/48df5nt6bS9BKqKg8Qwbvmx/abstract/?lang=pt#:~:text=Para%20certificar%20a%20efici%C3%Aancia%20da,e%20dos%20equipamentos%20e%20utens%C3%ADlios>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

ZORZAN, F. B.; DARONCH, J. Desenvolvimento de uma bancada didática de hidráulica. **FAHOR**. 27 nov. 2013. Disponível em: <[http://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng\\_Mecanica/2013/Mec\\_Flavio\\_Jeferson.pdf](http://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2013/Mec_Flavio_Jeferson.pdf)>. Acesso em: 01 jan. 2022.

## APÊNDICE

DETALHAMENTO DOS CRITÉRIOS	
ITENS	DESCRIÇÃO
<b>EQUIPAMENTOS</b>	Listar: (A) equipamentos que constam do seu laboratório ou que você já tenha utilizado para fins de ensino-aprendizagem; (B) equipamentos que foram desenvolvidos na sua instituição (por alunos, docentes e/ou projetos de pesquisa).
<b>EXPERIMENTOS</b>	Listar os experimentos que podem ser desenvolvidos com o equipamento previamente citado.
<b>VALOR CONCEITUAL</b>	Julgar o potencial do equipamento para aprimorar o conceito teórico desenvolvido na disciplina. A nota deve ter valor inteiro e representar o benefício do seu uso de acordo com a seguinte escala: 1 (muito baixo), 2 (baixo), 3 (intermediário), 4 (bom) e 5 (excelente).
<b>COMPLEXIDADE</b>	Julgar a complexidade na instrumentação ou coleta de dados para a realização do experimento. A nota deve ter valor inteiro e representar o grau de dificuldade de acordo com a seguinte escala: 1 (grande dificuldade, impossibilitando os alunos de realizarem o experimento sozinhos em 100% do experimento), 2 (grande dificuldade, impossibilitando os alunos de realizarem o experimento sozinhos em 75% do experimento), 3 (dificuldade mediana, impossibilitando os alunos de realizarem o experimento sozinhos em 50% do experimento), 4 (pequena dificuldade, impossibilitando os alunos de realizarem o experimento sozinhos em 25% do experimento) e 5 (muito simples, podendo os alunos realizarem o experimento totalmente sozinhos). Considere que o responsável pelo laboratório sempre deverá detalhar o procedimento experimental no início das aulas. O número máximo idealizado para cada turma é de 20 alunos.
<b>TEMPO</b>	Julgar o tempo necessário para a realização do experimento. A nota deve ter valor inteiro de acordo com a seguinte escala: 1 (tempo muito elevado que inviabiliza a repetição do experimento, podendo ser realizado somente uma vez para cada turma), 2 (tempo elevado, possibilitando a realização do experimento em no máximo duas tomadas por turma), 3 (tempo mediano, possibilitando a realização do experimento em três tomadas por turma), 4 (tempo satisfatório, possibilitando a realização do experimento em até 4 vezes por turma) e 5 (tempo excelente, possibilitando a realização do experimento em pelo menos cinco vezes por turma).

DETALHAMENTO DOS CRITÉRIOS (continuação)	
ITENS	DESCRIÇÃO
<b>PARTICIPAÇÃO</b>	<p>Julgar o modo como o aluno faz a interação com o equipamento, verificando se participam efetivamente das atividades experimentais. A nota deve ter valor inteiro de acordo com a seguinte escala: 1 (participação insuficiente, realizada somente pelo responsável pelo laboratório, para um grande número de alunos durante a realização de um único experimento, agindo praticamente como observadores), 2 (participação mínima, com grupo de pelo menos 10 alunos em cada experimento), 3 (participação mediana, com grupos de 7 a 9 alunos cada), 4 (participação satisfatória, com grupos de 4 a 6 alunos cada) e 5 (participação efetiva, com grupos de até 3 alunos cada).</p>
<b>VIDEO</b>	<p>Julgar se o experimento poderia ser substituído pelo uso de vídeos demonstrativos. A nota deve ter valor inteiro de acordo com a seguinte escala: 1 (pode ser totalmente substituído, trazendo o mesmo benefício conceitual ao aluno), 2 (uso complementar de parte significativa do experimento de pelo menos 75% das atividades), 3 (uso parcial substituindo 50 % do experimento), 4 (uso mínimo, para ilustrar alguns instrumentos de uso ou complementar as técnicas empregadas), 5 (sem necessidade de uso do vídeo).</p>
<b>MODELAGEM COMPUTACIONAL</b>	<p>Julgar se o experimento poderia ser substituído pelo uso de modelos computacionais. A nota deve ter valor inteiro de acordo com a seguinte escala: 1 (pode ser totalmente substituído, trazendo o mesmo benefício conceitual ao aluno), 2 (uso complementar de parte significativa do experimento de pelo menos 75% das atividades), 3 (uso parcial substituindo 50 % do experimento), 4 (uso mínimo, para enfatizar alguns conceitos teóricos empregados), 5 (sem necessidade de uso de modelos).</p>

Equipamentos (especificar) Obs (1) e/ou (2) do rodapé)		Experimentos	Valor conceitual	Complexidade	Tempo	Participação	Video	Modelagem Computacional	
A	Equipamentos de fornecedores <sup>(1)</sup>	-							
		-							
	Equipamentos construídos <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>	-							
		-							
		-							
		-							

**OBS:**

<sup>(1)</sup> Há algum equipamento que não está sendo utilizado? Por quê? Caso o equipamento esteja danificado, ele também deverá ser avaliado.

<sup>(2)</sup> Os equipamentos construídos *in loco* são de baixo custo em relação aos comprados de fornecedores? Usam materiais recicláveis ou alternativos? São inéditos e/ou inexistentes no mercado?