



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE

CAMPUS: NATAL CENTRAL

MANACEIS MARIANO DA SILVA

**HIDRODINÂMICA EM UM ESPAÇO NÃO-FORMAL DE ENSINO: UMA
PROPOSTA DO USO DOS EQUIPAMENTOS OPERACIONAIS DO CORPO DE
BOMBEIROS**

NATAL

2023

MANACEIS MARIANO DA SILVA

**HIDRODINÂMICA EM UM ESPAÇO NÃO-FORMAL DE ENSINO: UMA
PROPOSTA DO USO DOS EQUIPAMENTOS OPERACIONAIS DO CORPO DE
BOMBEIROS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), em cumprimento às exigências legais como requisitos parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Melquisedec Lourenço da Silva, D.Sc.

NATAL

2023

Silva, Manaceis Mariano da.
S586h Hidrodinâmica em um espaço não-formal de ensino : uma proposta do uso dos equipamentos operacionais do corpo de bombeiros / Manaceis Mariano da Silva. – 2023.
244 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (pós-graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.
Orientador: Melquisedec Lourenco da Silva.

1. Física – Ensino - Hidrodinâmica. 2. Ensino – Espaço não formal. 3. Sequência didática. 4. Experimento de física. I. Título.

CDU 532.5:37-028

Catálogo na Publicação elaborada pela Bibliotecária Sandra Nery S. Bigois – CRB-15/439
Biblioteca Central Sebastião Fernandes (BCSF) – IFRN

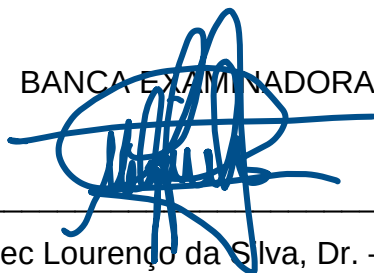
MANACEIS MARIANO DA SILVA

**HIDRODINÂMICA EM UM ESPAÇO NÃO-FORMAL DE ENSINO: UMA
PROPOSTA DO USO DOS EQUIPAMENTOS OPERACIONAIS DO CORPO DE
BOMBEIROS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Mestrado Nacional Profissional de Ensino de
Física do Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), em
cumprimento às exigências legais como
requisitos parcial à obtenção do título de Mestre
em Ensino de Física.

Trabalho de conclusão de curso apresentado e aprovado ____/____/____,
pela seguinte examinadora:

BANCA EXAMINADORA



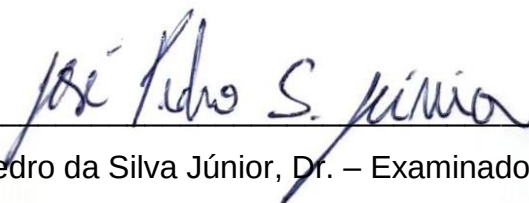
Melquisedec Lourenço da Silva, Dr. – Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Calistrato Soares da Câmara Neto, Dr. – Coordenador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



José Pedro da Silva Júnior, Dr. – Examinador Externo

Secertaria de Estado da Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Dedico este trabalho primeiramente à minha saudosa mãe, Marilene da Silva, que durante todo tempo que esteve comigo, foi a principal torcedora e incentivadora do meu sucesso. Ao meu pai Manoel Mariano a quem tenho como referência de força. À minha querida esposa Ariane Virgínia, que esteve comigo nos momentos mais difíceis dessa trajetória. E por fim, aos meus filhos Abner, Sâmela e Miquéias pela paciência e compreensão que tiveram nos momentos de privações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido força, para suportar todas as adversidades, resiliência para não desistir do meu objetivo e graça, pois concluir essa dissertação, é mais uma bênção da parte dele para mim.

Agradeço especialmente à minha querida esposa, Ariane Virgínia, ajudadora, incentivadora e conselheira, que dedicou parte do seu tempo a cumprir tarefas minhas, para que eu continuasse a escrever minha dissertação.

Aos meus queridos filhos Abner Manassés, Sâmela Haniale e Miquéias Mariano pela compreensão e privação que passaram, durante este tempo árduo, onde perderam lazer, viagens e minha atenção, tudo em prol de um bem maior para o pai.

À senhora, Francisca Félix da Silva e seu esposo, o saudoso Valdete Martins da Silva, pais do meu amigo Valdécio Félix, pela recepção em sua casa, pelo cuidado e apreço por nosso grupo de estudo.

Agradeço ao meu orientador Melquisedec Lourenço da Silva, pelos ensinamentos, direcionamentos, compreensão e incentivo, para que eu pudesse cumprir essa etapa de grande importância na minha vida acadêmica.

Aos professores do Mestrado Profissional em Ensino de Física — Polo IFRN — Campus Natal Central, por todo ensinamento que recebi ao longo de todo curso, tenho certeza de que precisarei e levarei ao longo de toda minha carreira profissional.

Agradeço aos meus companheiros de mestrado Valdécio Félix, George Chacon e Thobias Germano pelas horas de dedicação, estudo, descontração, companheirismo e incentivo, que demos reciprocamente.

Agradeço em especial ao amigo Drº José Pedro da Silva Júnior, pela disponibilidade de auxiliar nosso grupo de estudo em vários momentos do curso.

Agradeço em especial aos meus colegas de profissão, Bombeiros Militares, que de forma indispensável, puderam contribuir para a aplicação do meu produto educacional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — Brasil (CAPES) — Código de Financiamento 001.

A educação formal é aquela desenvolvida nas escolas, com conteúdos previamente demarcados; a informal como aquela que os indivíduos aprendem durante seu processo de socialização - na família, bairro, clube, amigos etc., carregada de valores e cultura própria, de pertencimento e sentimentos herdados; e a educação não formal é aquela que se aprende “no mundo da vida”, via os processos de compartilhamento de experiências, principalmente em espaços e ações coletivas cotidianas. Gohn (2006, p. 28).

RESUMO

O presente trabalho foi elaborado com o propósito de trazer uma forma de suprir as necessidades dos alunos do ensino médio, no tocante aos conteúdos de Hidrostática e principalmente Hidrodinâmica, já que este que não está na grade curricular do ensino médio, porém alguns fenômenos físicos só podem ser explicados, com o conhecimento deste conteúdo. Para isso, foi elaborada uma Sequência Didática com utilização de um planejamento guiado para uma aula prática não formal no Corpo de Bombeiros referente aos assuntos de Hidrostática e Hidrodinâmica. Esta Sequência Didática será pautada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti que são: problematização inicial, Organização dos conhecimentos e Aplicação dos conhecimentos. Para auxiliar o professor na aplicação desta Sequência Didática, este trabalho possui um livro com os conteúdos teóricos e práticos referente aos assuntos necessários à sua aplicação. O produto educacional foi aplicado com doze estudantes do curso de formação de praças (CFP) do corpo de Bombeiros militar e doze militares que estavam de serviço no dia da apresentação, totalizando vinte e quatro alunos no dia da aula. Iniciou-se com um formulário, contendo cinco questões diagnósticas para colher seus conhecimentos prévios e em seguida foi lecionada a aula, com apresentação, montagem e manipulação dos equipamentos, sendo a aula composta por três experimentos que são: aspirador de secreção fixo na (VTR), aspirador de secreção portátil, e por fim o Proporcionador de espuma. Lembrando que todos os fenômenos físicos presentes nos experimentos foram explicados à luz da Hidrodinâmica. Ao final, a turma foi submetida a uma avaliação comparativa, a qual é composta pelas duas últimas questões da avaliação diagnóstica, com o intuito de verificar se o conhecimento científico superou as concepções espontâneas. Ao final da Sequência didática, as concepções espontâneas, aparentemente, não eram mais utilizadas nas explicações e, baseado nos gráficos de porcentagens das respostas das avaliações diagnósticas e comparativas, pôde-se observar que os alunos estavam mais assertivos e seguros nas respostas. Com isso pôde-se concluir que o conhecimento foi bem construído ao longo do processo.

Palavras-chave: espaço não formal de ensino. experimentos. hidrodinâmica.

ABSTRACT

This paper was developed with the purpose of bringing a way to meet the needs of high school students, regarding the content of Hydrostatics and especially Hydrodynamics, since it is not in the curriculum of high school, but some physical phenomena can only be explained with the knowledge of this content. For this, a Didactic Sequence was developed using a guided planning for a non-formal practical class at the Fire Department regarding the subjects of Hydrostatics and Hydrodynamics. This didactic sequence will be based on Delizoicov and Angotti's three pedagogical moments, which are Initial Problematicization, Knowledge Organization, and Knowledge Application. To help the teacher in the application of this Didactic Sequence, this work has a book with the theoretical and practical content related to the subjects necessary for its application. The educational product was applied with twelve students from the training course for military firefighters and twelve military who were on duty on the day of the presentation, totaling twenty-four students on the day of the class. The class began with a form, containing five diagnostic questions to collect their previous knowledge. Then, the class was taught, with presentation, assembly, and manipulation of the equipment: Fixed secretion aspirator in the (VTR), Portable secretion aspirator, and finally the Foam Proportioner. Remembering that all the physical phenomena present in the experiments were explained in the light of Hydrodynamics. At the end, the class was submitted to a comparative evaluation, which is composed of the last two questions of the diagnostic evaluation, in order to assess whether the scientific knowledge has overcome the spontaneous conceptions. At the end of the learning sequence, the spontaneous conceptions were apparently no longer used in the explanations and, based on the graphs of percentages of the answers of the diagnostic and comparative evaluations, it could be observed that the students were more assertive and confident in their answers. Thus, it was possible to conclude that the knowledge was well built throughout the process.

Keywords: Non-formal learning space. experiments. Hydrodynamics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação das linhas de escoamento de um fluido ideal.....	33
Figura 2: Tubo de escoamento com seção reta de área variável.....	34
Figura 3: Tubo de escoamento para demonstração da equação de Bernoulli	36
Figura 4: Água saindo de uma caixa d'água por um furo na base.....	41
Figura 5: Representação do princípio de Stevin e vasos comunicantes.....	46
Figura 6: Representação do princípio de Arquimedes, EMPUXO.....	47
Figura 7: Representação das linhas de escoamento de um fluido ideal.....	48
Figura 8: Representação de um tubo de escoamento.....	49
Figura 9: Representação de uma tubulação com diâmetro variável.....	49
Figura 10 Livros usados na confecção deste trabalho.....	50
Figura 11: Tira de papel se elevando ao ser soprada por cima.....	53
Figura 12: Medida do alcance horizontal do jato, proveniente de garrafa PET.....	57
Figura 13: Jatos horizontais e verticais provenientes de garrafa PET.....	58
Figura 14: Medidor de Venturi de fácil obtenção.....	62
Figura 15: Cilindros de Oxigênio (O ₂).....	65
Figura 16: Régua de gases.....	65
Figura 17: Fluxômetro.....	65
Figura 18: Tubo para secreção.....	65
Figura 19: Cateter de respiração traqueal	66
Figura 20: Manômetro.....	66
Figura 21: Sistema de aspiração de secreção da VTR.....	66
Figura 22: Tubo de látex cirúrgico.....	66
Figura 23: Cilindro de Oxigênio com 625L.....	68
Figura 24: Sistema de aspiração.....	68
Figura 25: Proporcionador de espuma.....	70
Figura 26: Esguicho lançador de espuma à baixa pressão.....	70
Figura 27: Esguicho regulável.....	71
Figura 28: Mangueira de incêndio 1,½”.....	71
Figura 29: Líquido gerador de espuma (LGE 6%).....	71

Figura 30: Proporcionador de espuma, montado direto na VTR ABT – 09.....	72
Figura 31: Formulário de questões da avaliação diagnóstica (AS).....	79
Figura 32: Formulário de questões da avaliação diagnóstica (PE).....	76
Figura 33: Aplicação do 1.º experimento (aspirador de secreção da VTR).....	82
Figura 34: Aplicação do 2.º experimento (aspirador de secreção portátil).....	82
Figura 35: Aplicação do 3.º experimento (proporcionador de espuma).....	83
Figura 36: Aplicação do 3.º experimento (proporcionador de espuma).....	84
Figura 37: Formulário de questões da avaliação comparativa (AS).....	86
Figura 38: Formulário de questões da avaliação comparativa (PE).....	85
Figura 39: Alunos respondendo à avaliação diagnóstica.....	93
Figura 40: Alunos respondendo à avaliação diagnóstica do 3.º experimento (PE)	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Distribuição e tema de cada capítulo do livro.....	44
Quadro 2: Distribuição das aulas de Hidrostática e suas temáticas.....	45
Quadro 3: Distribuição das aulas de Hidrodinâmica e suas temáticas.....	48
Quadro 4: Questões sugestivas para a (AD) e seus objetivos.....	51
Quadro 5: Distribuição das aulas e temáticas do experimento 1(EFP).....	54
Quadro 6: Questões sugestivas para a (AD) e seus objetivos.....	55
Quadro 7: Distribuição das aulas e temas do experimento 2 (DFGP).....	59
Quadro 8: Questões sugestivas para a (AD) e seus objetivos.....	60
Quadro 9: Distribuição das aulas e temas do experimento 3 (MVFO).....	63
Quadro 10: Distribuição das aulas e temas do experimento 1 e 2.....	68
Quadro 11: Distribuição das aulas e temáticas do experimento 3.....	73
Quadro 12: Quadro das (QD) e seus objetivos (AS).....	77
Quadro 13: Quadro das questões diagnósticas e seus objetivos (PE).....	79
Quadro 14: Quadro das questões comparativas e seus objetivos (AS).....	86
Quadro 15: Quadro das questões comparativas e seus objetivos (PE).....	88
Quadro 16: Quadro das questões avaliadas e seus objetivos (AS).....	89
Quadro 17: Quadro das questões avaliadas e seus objetivos (AS)	94
Quadro 18: Quadro das questões avaliadas e seus objetivos (PE).....	97
Quadro 19: Quadro das questões avaliadas e seus objetivos (PE).....	103

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico — 1: Análise das respostas da avaliação diagnóstica (AS).....	91
Gráfico — 2: Análise das respostas da avaliação comparativa (AS).....	95
Gráfico — 3: Análise das respostas da avaliação diagnóstica (PE).....	99
Gráfico — 4: Análise das respostas da avaliação comparativa (PE).....	103

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
CBM-RN	Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Norte
VTR	Viatura
GBM	Grupamento de Bombeiros
SGB	Sub grupamento de Bombeiros
LGE	Líquido gerador de espuma
ABTS	Autobomba – tanque e salvamento
UR	Unidade de resgate
AS	Aspirador de secreção
PE	Proporcionador de espuma
AD	Avaliação diagnóstica
EFP	Elevando folha de papel
DFGP	Dinâmica dos fluidos em garrafa PET
MVFO	Medido de Venturi de fácil obtenção.
QD	Questões diagnósticas
SD	Sequência didática
TDH	Transtorno de déficit de atenção com hiperatividade.
3MP	Três momentos pedagógicos
FORMS	Formulários
MTB	Manual Técnico de Bombeiros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	PROBLEMATIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO.....	21
2.1	OBJETIVO GERAL.....	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	24
3.1	QUANTO ÀS MODALIDADES DA EDUCAÇÃO.....	24
3.2	QUANTO À ABORDAGEM DOS 3 MOMENTOS PEDAGÓGICOS.....	24
3.3	QUANTO À ABORDAGEM DE HIDRODINÂMICA DOS LIVROS USADOS.....	26
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	28
4.1	TEORIA DA EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL DE GOHN.....	28
4.2	A TEORIA DOS (3MP) DE DELIZOICOV & ANGOTTI.....	30
5	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	32
5.1	INTRODUÇÃO À HIDRODINÂMICA.....	32
5.1.1	Equação da continuidade.....	33
5.1.2	Equação de Bernoulli.....	35
5.1.2.1	Dedução da equação de Bernoulli.....	36
5.1.2.2	Equação de Torricelli.....	40
6	PRODUTO EDUCACIONAL.....	43
6.1	APRESENTAÇÃO DO PRODUTO.....	43
6.2	SEQUÊNCIA DE AULAS TEÓRICAS.....	44
6.2.1	Hidrostática.....	45
6.2.2	Hidrodinâmica.....	47
6.3	JUSTIFICATIVA.....	51
6.4	OS EXPERIMENTOS DE FÁCIL OBTENÇÃO.....	51
6.4.1	Experimento 1 (EFP).....	51
6.4.1.1	Avaliação diagnóstica.....	51
6.4.1.2	Apresentação do experimento.....	53
6.4.1.3	Avaliação comparativa.....	54
6.4.2	Experimento 2 (DFGP).....	54
6.4.2.1	Avaliação diagnóstica.....	55

6.4.2.2	Apresentação do experimento.....	56
6.4.2.3	Avaliação comparativa.....	59
6.4.3	(Experimento — 3 (MVFO)).....	59
6.4.3.1	Avaliação diagnóstica.....	59
6.4.3.2	Apresentação do experimento.....	61
6.4.3.3	Avaliação comparativa.....	63
6.5	OS EXPERIMENTOS PRINCIPAIS.....	63
6.5.1	Conteúdos de Aprendizagem.....	64
6.5.2	(Experimento — 1) Aspirador de secreção — VTR	64
6.5.2.1	A avaliação diagnóstica.....	64
6.5.4.2	Apresentação do experimento.....	64
6.5.3	Aspirador de secreção VTR portátil.....	67
6.5.3.1	Apresentação do experimento.....	67
6.5.3.2	Montagem e manipulação.....	67
6.5.3.3	Avaliação comparativa.....	69
6.5.4	(Experimento — 3) (PE).....	69
6.5.4.1	A avaliação diagnóstica.....	69
6.5.4.2	Apresentação do experimento.....	70
6.5.4.3	Observação e explicação do fenómeno.....	72
6.5.4.4	A avaliação comparativa.....	73
7	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	74
7.1	O PERFIL DOS PARTICIPANTES.....	74
7.2	ITINERÁRIO METODOLÓGICO.....	75
7.3	A PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL.....	75
7.3.1	A avaliação diagnóstica.....	76
7.4	A ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	81
7.4.1	A aplicação do produto educacional.....	81
7.5	APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	84
7.5.1	A avaliação comparativa.....	85
8	RESULTADOS ALCANÇADOS E DISCUSSÕES.....	89
8.1	ASPIRADORES DE SECREÇÃO FIXO E PORTÁTIL.....	89
8.1.1	A análise da avaliação diagnóstica.....	89

8.1.2	A análise dos resultados da avaliação diagnóstica (AS)	91
8.1.3	A análise da avaliação comparativa (AS).....	93
8.1.4	A análise dos resultados da avaliação comparativa AS.....	95
8.2	PROPORCIONADOR DE ESPUMA.....	97
8.2.1	A análise da avaliação diagnóstica (PE)	97
8.2.2	A análise dos resultados da avaliação diagnóstica (PE).....	99
8.2.3	A análise da avaliação comparativa (PE).....	103
8.2.4	Análise dos resultados da avaliação comparativa (PE).....	102
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
	REFERÊNCIAS.....	109
	APÊNDICE A — APLICAÇÃO DA HIDRODINÂMICA EM UM ESPAÇO NÃO-FORMAL DE ENSINO, COM OS EQUIPAMENTOS DO CORPO DE BOMBEIROS.....	112

1 – Introdução

O ensino, de uma forma geral, surge de um momento em que alguém se disponibiliza a ajudar outra a aprender alguma coisa. No entanto, o conteúdo aprendido não é um objeto palpável, mas sim, um conjunto de interpretações que o professor estabelece com os objetos que o cerca no mundo perceptível, logo a ação de ensinar e aprender é composta por diferentes interpretações do mesmo conhecimento: A de quem ensina, a de quem aprende e a do material de ensino. Por isso o processo ensino-aprendizagem é interativo, onde se estabelece relação entre os sujeitos, o objeto, e o ambiente. Este processo também deve ser contínuo ao longo da vida, dando suporte aos mais diversos aspectos, sejam eles, econômicos, sociais e científicos necessários ao mundo moderno, como escrito por Cascais, AF Terán — Ciência em tela, 2014

“A educação de modo geral prepara o ser humano para o desenvolvimento de suas atividades no percurso de sua vida. Nesse sentido, faz-se necessário uma educação ao longo da vida a fim de dar suporte aos vários aspectos sejam eles, econômicos, sociais, científicos e tecnológicos, impostos por um mundo globalizado”

Essa educação se divide em três tipos, são elas: a educação formal, a qual é praticada nas dependências das escolas, já educação informal, opera em ambientes espontâneos, onde as relações sociais se desenvolvem, e a educação não formal, ocorre com a ministração dos conteúdos em espaços fora da escola. “Geralmente, a diferença entre formal, não formal e informal é estabelecida tomando por base o espaço escolar. Assim, ações educativas escolares seriam formais e aquelas realizadas fora da escola não formais e informais” (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009,p.133).

Nesta dissertação, a qual faz parte do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (MNPEF), polo 10 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) Campus Natal Central, apresenta-se a elaboração e o desenvolvimento de um produto educacional composto por uma aula em um espaço não formal, de ensino com os equipamentos operacionais do Corpo de Bombeiros,

bem como o desenvolvimentos de uma sequência didática (SD), utilizando-se de três momentos que são: a sequência de aulas teóricas, o conjunto de experimentos secundários ou de fácil obtenção e o conjunto de experimentos principais, os quais serão aplicados no Corpo de Bombeiros Militar (CBM-RN).

Este trabalho é composto por nove capítulos nos quais foram desenvolvidos todo processo de introdução, aplicação e conclusão de toda sequência didática, onde se buscou, inicialmente, expor a problemática do assunto em tese, a qual se baseia no ensino da Hidrostática e Hidrodinâmica, este último conteúdo não presente na grade curricular do ensino médio.

Com o intuito de atenuar a deficiência de aprendizagem dos alunos no tocante aos dois conteúdos mencionados, utilizou-se da teoria da educação não formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas, de GOHN, Maria da Glória, onde foi feita uma abordagem sobre a educação formal, não formal e informal, definindo cada uma delas e evidenciando suas diferenças, porém, com maior foco na educação não formal na qual o trabalho será pautado e. É importante ressaltar que, ela não veio com intuito de substituir a educação formal, mas sim para complementá-la tornando o ensino de ciências mais atrativo e socialmente justo, como descrito por CASCAIS, AF TERÁN — Ciência em tela, 2014.

“A finalidade da educação não formal é proporcionar conhecimento sobre o mundo que envolve os indivíduos e suas relações sociais. Esse tipo de educação surge dos interesses e necessidade das pessoas de cada grupo e quando visa à justiça social”.

A sequência didática foi pautada na teoria dos três momentos pedagógicos de DELIZOICOV e ANGOTTI, que versa sobre a Problematização inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento, o qual foi adquirido com toda teoria abordada ao longo do trabalho e com a retirada das concepções espontâneas após as respostas das perguntas problematizadoras.

Essa sequência didática é composta por aulas teóricas de Hidrostática, onde foi lecionado os principais conceito e leis, que serviram para dar suporte ao entendimento da Hidrodinâmica, conteúdo principal do trabalho, em que foram

apresentadas as equações e suas principais leis, capacitando assim, o aluno para o entendimento dos experimentos que se seguiram.

Os experimentos secundários são: Elevação de uma folha de papel, o segundo experimento consiste na Hidrodinâmica dos fluidos com garrafas Pet e o terceiro é o Medidor de Venture de fácil obtenção. Na sequência foram apresentados os experimentos principais, sendo três experimentos realizados no Corpo de Bombeiros Militar. Esses experimentos são: Funcionamento do Aspirador de Secreção fixo e portátil, os quais mostram o funcionamento do princípio de Bernoulli e o caso particular do Tubo de Venturi e o terceiro experimento que consiste no funcionamento do proporcionador de espuma, baseado no Princípio de Bernoulli.

Baseando-se no terceiro momento da aprendizagem de DELIZOICOV e ANGOTTI, foi realizada a aplicação do conteúdo com avaliação comparativa e em seguida a análise dela, com a repetição das duas últimas questões da avaliação diagnóstica, para que se possa avaliar se o aluno conseguiu romper com as concepções que lhe era peculiar, demonstrando assim, se o conhecimento científico foi completamente compreendido.

Esse trabalho apresentou uma forma alternativa no ensino da Hidrostática e Hidrodinâmica, utilizando uma sequência de aulas teóricas como também experimentos de fácil uso, acompanhado ainda de uma aula em um espaço não formal de ensino, o qual é um Quartel de Bombeiros Militar, e com isso pôde atrair maior atenção dos alunos bem como um olhar, para os equipamentos operacionais do CBM-RN de uma nova perspectiva, a da física.

Vale ressaltar que com o advindo do novo ensino médio e a implementação das disciplinas eletivas que, em linhas gerais, são matérias que os alunos poderão escolher e que não fazem parte do itinerário formativo que ele está seguindo, surgirão oportunidades para a aplicação de trabalho com este, colaborando para abrir o leque de conhecimento dos alunos. Não existe um método único para o momento da implementação das disciplinas eletivas, porém, fatores como infraestrutura, profissionais necessários e interesses dos alunos devem ser considerados.

É nesse sentido que este trabalho pode ser aproveitado, por possuir requisitos suficientes, como satisfação e aprendizado sólido comprovados.

2 - Problematização e motivação

Os conceitos da Hidrodinâmica embora não estejam previstos para o ensino médio, sendo reservado apenas para o ensino superior e mais comumente abordados em curso de Ciências exatas como Física e Engenharias, este conteúdo possui um número expressivo de fenômenos e questionamentos que se observa no cotidiano, tais como: por que um avião, sendo mais denso que o ar, consegue voar? Qual o motivo de uma bola curva-se diante de determinados chutes? São indagações como essas que permeiam as mentes frenéticas de alguns alunos e que só podem ser respondidas à luz da Hidrodinâmica.

Foi baseando-se no desejo de respostas desses alunos, normalmente não respondidas pelos professores, e a consequente deficiência dos mesmos devido o conteúdo não ser ministrado no ensino médio, atrelado a importância de se promover um aprendizado mais completo e contextualizado aos alunos, que este produto educacional foi construído, levando os alunos a um ambiente completamente fora de sua realidade e transcendendo às dependências da escola, ou seja, promovendo de fato, a educação não formal a este aluno que segundo Cascais e AF Terán (2014), será mais contextualizada e completa. Sabemos que, para os alunos compreenderem melhor tanto os experimentos secundários quanto os experimentos principais, precisarão de uma introdução teórica.

Para isto, se dará início com uma revisão de Hidrostática, lembrando aos alunos, os principais conceitos, tais como: conceito de pressão, Princípio de Stevin, Princípio de Pascal e o Princípio de Arquimedes, e em seguida se fará uma introdução à Hidrodinâmica, apresentando os principais conceitos que são: vazão, fluidos ideais, Princípio de Bernoulli e o caso particular do Tubo de Venturi. Esses conteúdos são norteadores dos experimentos, tanto secundários quanto os principais, e trará ao aluno o conhecimento necessário à compreensão do trabalho por completo.

Como foi dito anteriormente, este conteúdo de Hidrodinâmica não é lecionado no ensino médio, e por isso, várias perguntas, como as feitas no 1.º parágrafo, não podem ser respondidas à luz da Hidrostática, ficando assim uma lacuna no ensino médio.

É baseando-se nisto que, decidimos intervir nessa problemática utilizando ensino de Física em um espaço não formal agregados às teorias de aprendizagem

para produzir um material que pudesse suprir essa necessidade latente no Ensino Médio.

2.1 — Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é a construção e aplicação de uma Sequência Didática com utilização de um planejamento guiado para uma aula prática não formal no Corpo de Bombeiros referente aos assuntos de Hidrostática e Hidrodinâmica.

2.2 — Objetivos específicos

Como ações para alcançar o objetivo geral, temos os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Elaborar um livro com os conteúdos teóricos e práticos sobre Hidrostática e Hidrodinâmica, para que o professor, que queira aplicar o produto educacional, tenha tudo que precisar em um só lugar, neste livro.

- ✓ Planejar uma sequência de aulas teóricas de Hidrostática para os alunos com o intuito de prepará-los para entender os conceitos de Hidrodinâmica que virão.

- ✓ Planejar uma sequência de aulas teóricas de Hidrodinâmica para os alunos poderem, com os conhecimentos adquiridos, compreender os experimentos que compõem o trabalho.

- ✓ Elaborar uma avaliação diagnóstica, com perguntas abordando o tema de cada experimento apresentado.

- ✓ Apresentar, como sugestão, aos professores, experimentos de fácil reprodução, com o intuito principal de promover as discussões, investigações e diagnóstico dos conhecimentos prévios com relação aos conteúdos relacionados ao ensino de Hidrodinâmica, substituindo os experimentos principais, quando na ocasião não for possível, para o professor, levar os alunos a um Quartel do Corpo de Bombeiros.

✓ Elaborar uma avaliação diagnóstica, com o Google Forms, visando mensurar os conhecimentos prévios dos alunos no tocante aos conceitos de Hidrodinâmica.

✓ Apresentar os experimentos principais, in loco, explicando e mostrando detalhadamente os fenômenos Hidrodinâmicos presentes.

✓ Aplicar uma avaliação comparativa de desempenho dos alunos com relação aos conhecimentos adquiridos de acordo com cada experimento apresentado e à metodologia aplicada.

✓ Coletar as respostas das avaliações comparativas com o intuito de mensurar o aprendizado do aluno quanto aos conceitos físicos presentes em cada experimento apresentado.

✓ Elaborar um gráfico com análise das repostas e fazer a comparação e possíveis ajustes, caso ainda persista dúvidas ou concepções espontâneas.

✓ E por fim, concluir o trabalho, informando se os objetivos foram alcançados total, parcialmente ou não foram alcançados.

3 – Revisão da literatura

3.1 — Quanto às modalidades da educação

Com relação às modalidades de educação estudada neste trabalho, segundo Cascais e AF Terán (2014), ficou claro que é consenso entre os autores pesquisados que a escola, cujo espaço é ocupado pela educação formal, não consegue sozinha dar conta das múltiplas informações que surgem a cada momento no mundo, assim como, as novas descobertas científicas.

É nesse contexto, que surge a educação não formal em ciências. Nesse sentido, Vieira (2005), retrata bem a educação não-formal:

“Assim, a educação não formal pode ser definida como a que proporciona a aprendizagem de conteúdos da escolarização formal em espaços como museus, centros de ciências, ou qualquer outro em que as atividades sejam desenvolvidas de forma bem direcionada, com um objetivo definido” (VIEIRA, 2005, p. 21).

Cabe, então, estabelecer parcerias e utilizar outros espaços educativos, como um Quartel do **Corpo de Bombeiros Militar**, utilizados na aplicação do produto educacional.

3.2 — Quanto à abordagem dos três momentos pedagógicos

Os três momentos pedagógicos de DELIZOICOV; ANGOTTI, foram abordados em alguns livros, tais como: o livro *Física*, lançado em 1990, constituiu a série Formação Geral, que subsidiava o ensino das disciplinas do Núcleo Comum; e *Metodologia do Ensino de Ciência*, lançado em 1994 que se destinava ajudar aos professores agilizar práticas escolares que levem a mudanças da escola básica, porém não se restringe a ela, podendo ser usado nos cursos licenciaturas na disciplina de metodologia para ensino de ciência:

“Metodologia do Ensino de Ciências é um livro com foco nas séries iniciais do 1º grau, atualmente séries iniciais do Ensino Fundamental. Foi escrito para uso nos cursos de Magistério de 2º grau, tendo em vista oferecer uma proposta de renovação no ensino de Ciências Naturais” (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1994).

Com relação à aplicação dos três momentos pedagógicos no livro **Física**, o qual se destina a alunos do ensino médio e alunos de Licenciatura em Física, traz a problematização, dividida em dois sentidos: as concepções espontâneas e o problema a ser resolvido. Já na organização do conhecimento, o livro aconselha o professor a usar as mais diversas atividades, como: exposição, formulação, experimentos, etc.

No terceiro momento, deve-se abordar sistematicamente todo conhecimento adquirido pelo aluno para analisar e interpretar tanto situações inicialmente estudadas quanto outras que, mesmo não sendo abordadas inicialmente, pode-se interpretá-las pelo mesmo conhecimento.

Com isso, pretende-se que o aluno evolua e perceba que o conhecimento da Física, não pode estar distante de realidade vivida no cotidiano e que este conhecimento é acessível a qualquer pessoa, e deve ser aprendido:

“Com isso, os autores demonstram a preocupação em subsidiar um trabalho didático-pedagógico que permita tanto a apreensão dos conceitos, leis, relações da Física e sua utilização, assim como sua aproximação com fenômenos ligados a situações vividas pelos educandos” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a).

No livro que compõe esse trabalho, foi abordado os três momentos pedagógicos seguindo os mesmos critérios delineados e abordados por DELIZOICOV e ANGOTTI, porém para os exemplos de atividades nas problematizações iniciais, foi usada a tecnologia de um formulário Google, que facilitou o envio das respostas dos alunos e consequentemente o uso dessas respostas na coleta de dados.

No segundo momento, foram abordadas, as mais variadas atividades, tais como: aulas teóricas expositivas, experimentos iniciais de fácil uso e o diferencial, a qual foi a apresentação de experimentos com os equipamentos operacionais do Corpo de Bombeiros Militar em um ambiente não formal de ensino, onde também foi aplicada

avaliação comparativa culminando no terceiro momento pedagógico e concluindo a atividade.

3.3 — Quanto à abordagem de Hidrodinâmica dos livros usados

Foram usados livros didáticos tais como: RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO, os fundamentos da Física, DOCA, BISCUOLA E VILLAS BÔAS, Tópicos da Física. Nesses livros, o conteúdo de Hidrodinâmica é abordado de uma forma mais superficial como descrito por, DOCA, BISCUOLA E VILLAS BÔAS, Tópicos da Física, 2012.

“O desenvolvimento que faremos aqui será superficial e simplificado. Daremos ênfase a alguns conceitos que julgamos apropriados ao Ensino Médio”. (DOCA, BISCUOLA E VILLAS BÔAS, Tópicos da Física, 2012).

Com relação ao livro de RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO, os fundamentos da Física, a abordagem inicial é repleta de exemplos do dia a dia, demonstrando um alinhamento com o primeiro momento pedagógico, onde traz muitas perguntas para instigar a curiosidade e provocar várias ideias no aluno. Com relação ao desenvolvimento e exercícios, observa-se uma semelhança aos outros, com bastante exercícios e as aplicações dos casos específicos da ***Equação de Bernoulli***.

Os livros de Física do ensino superior, foram mais utilizados neste trabalho devido abordagem do conteúdo de Hidrodinâmica considerar cálculos matemáticos mais complexos. Quanto ao livro de Física do ensino superior: fundamentos *da Física*, 10ª edição, dos autores D. **Halliday**, R. **Resnick**, J. Walker, a abordagem possui uma álgebra mais simplificada.

. Percebe-se nesse livro a preocupação com a aprendizagem significativa, retratada nas palavras do autor:

“Procurei incluir muita física do mundo real neste livro, ligando-o à nova edição de *O Circo Voador da Física* (LTC, 2012). Boa parte dos assuntos vem das minhas aulas, onde posso julgar, pelas expressões e comentários dos alunos, quais são os assuntos e as apresentações que funcionam”.
J Walker, Fundamentos da Física - 10a edição.

Com relação ao livro mais usado nessa dissertação, o FW Sears, MW Zemansky, HD Young, RA Freedman, **Física** — 2013, percebemos uma linguagem mais rebuscada, voltada para alunos de Licenciatura e Bacharelado em Física, rompendo com conceitos muito simples, e agora, com abordagem algébrica mais complexa.

Após análise e utilizações de todos esses livros, foi reunido conhecimentos necessários e suficientes para, na abordagem do livro proposto nesse trabalho, foi abordado, com propriedade, o conteúdo de Hidrodinâmica, buscando uma linguagem acessível, porém não simplista, com exemplos do dia a dia, e explicações bem detalhadas dos fenômenos relacionados a eles. Procurou-se, também, abordar experimentos de fácil obtenção para o professor poder, sem sair da sala de aula, abordar o tema utilizando-se da prática.

O diferencial do livro tratado neste produto educacional, foi a proposta de uma aula em um espaço não formal de ensino, para aplicar os conceitos de Hidrodinâmica em um quartel do Corpo de Bombeiros Militar, visando transpor as paredes da sala de aulas, despertando o interesse e o prazer de aprender Física, promovendo assim um aprendizado sólido e completo.

4 – Referencial teórico

4.1 — Teoria da educação não-formal de Gohn

“A educação é direito de todos, dever do Estado e da família”, segundo o Art. 205 da Constituição Federal. Esta educação, legislada, constitucionalizada e tão debatida, mesmo sendo direito de todos, nem sempre atende ao aprendizado de todos os alunos. Segundo GADOTTI, Moacir (1979). “não basta está matriculado em uma escola. É preciso conseguir aprender na escola”. A educação, de forma completa, deve-se transcender aos muros da escola, deve-se considerar as experiências de vida do aluno, como relatado por GADOTTI, Moacir (1979):

“Gostaria também de demonstrar que o conceito de educação sustentado pela **Convenção dos Direitos da Infância** ultrapassa os limites do ensino escolar formal e engloba as experiências de vida, e os processos de aprendizagem não-formais, que desenvolvem a autonomia da Criança”.

A proposta de uma aula em um espaço não formal de educação e com manipulação de equipamentos que formam um experimento exemplificador de fenômenos físicos, é uma proposta de rompimento com o ensino tradicional, o qual não age em sua plenitude, no tocante ao aprendizado do aluno, segundo GADOTTI, Moacir (1979). Precisamos entender que há outras várias formas além desta, de se chegar ao objetivo maior, a qual é o aprendizado de todos os estudantes, sejam eles crianças, jovens ou adultos.

Nessa perspectiva, Gohn (2004) denega a ideia de que somente em espaços formais, como nas escolas, o processo de ensino-aprendizagem é possível, Já Cascais e AF Terán (2014, p. 1) traz em seu artigo o seguinte texto.

“Nas leituras realizadas, é consenso, entre os autores pesquisados, que a escola não consegue sozinha dar conta das múltiplas informações ocorridas a cada momento no mundo. Portanto, é necessário estabelecer parcerias e utilizar outros espaços educativos, presentes na comunidade, para que os estudantes tenham uma educação mais contextualizada”. [...]

Nesse sentido, deve-se rever os conceitos da educação, pois não é só nas dependências das escolas ou em espaços formais que o ensino-aprendizagem acontece, ela não pode ater-se a esses espaços, pode ser usado outros locais não-formais ou ainda informais de educação para se estabelecer o ensino e a aprendizagem dos alunos, segundo MIM Marques, Terra livre, 2002. Nesses espaços, o que se pode ver é um entendimento de pertencimento. Por isso, considerar os espaços entorno das escolas como locais carregados de possíveis formas de aprendizagem, é também uma forma de melhorar a qualidade da educação, e isto está intimamente ligado à qualidade de ensino atrelado a formação da cidadania, conforme afirma Gohn (2006, p. 29),

“A educação não-formal capacita os indivíduos a se tornarem cidadãos do mundo, no mundo. Sua finalidade é abrir janelas de conhecimento sobre o mundo que circunda os indivíduos e suas relações sociais. Seus objetivos não são dados a priori, eles se constroem no processo interativo, gerando um processo educativo. Um modo de educar surge como resultado do processo voltado para os interesses e as necessidades que dele participa. A construção de relações sociais baseadas em princípios de igualdade e justiça social, quando presentes num dado grupo social, fortalece o exercício da cidadania.” [...]

Nota-se então que uma das formas de melhoria educacional, seria uma articulação dos espaços formais e não formais de ensino aprendizagem nos currículos institucionais, sejam eles escolares ou universitários.

Sobre os tipos de educação, têm-se algumas definições por parte de alguns autores, tais como Gadotti (2005, p. 2), o qual diz que a educação formal, possui objetivos claros e definidos e tem como local principal a escola, já a educação não-formal ocorre com menor grau de sistematização e burocratização, ou seja, com maior grau de liberdade. Já para Gohn (2006, p. 3), a educação formal é aquela desenvolvida na escola e possui conteúdos preestabelecidos. Ainda na visão dela, a educação não-formal ou informal é aquela onde o indivíduo aprende durante o processo de socialização com familiares, amigos, etc.

Assim, pode-se definir que a educação não formal é aquela que proporciona a aprendizagem de conteúdos da escola formal em espaços diferentes das dependências da escola, com a clara intenção e objetivo de buscar este conhecimento

para seus alunos fora da instituição escolar, como em museus, centros de ciência e por que não, em um quartel do Corpo de Bombeiros Militar, sendo o local onde se aplicará este produto educacional. Essa atividade deve ser sempre bem direcionada e com objetivos bem definidos.

Segundo Vasconcelos e Souto (2003, p. 94), ao se ensinar ciências, é importante não privilegiar apenas a memorização, mas promover situações que possibilitem a formação de uma bagagem cognitiva no aluno, ainda segundo, ele, deve-se romper com a ideia de treinamento do indivíduo para repetir conceitos, memorizar fórmulas e armazenar termos, sem, no entanto, reconhecer as possibilidades de poder associá-los ao seu cotidiano, neste sentido, a Convenção dos direitos da criança prever que, o ensino-aprendizagem deve ultrapassar os limites do ensino regular formal, devendo se considerar as experiências de vida e os processos de ensino não formal, (GADOTTI, 2005 p. 2) tais como: visitas técnicas, aulas de campo, em espaços fora das dependências da escola, pois isto, desenvolve a autonomia do ser humano. As aulas em espaços não formais de aprendizagem ocorrem através da compreensão de fatos, experimentos, funcionamentos e manipulações de equipamentos como teremos na aplicação deste produto educacional no CBM-RN, além dos conceitos fundamentais, gradualmente, nesses espaços, procura-se transmitir ao público estudantil, conteúdos de ciências que favoreçam a aquisição de tal bagagem cognitiva.

4.2 — Teoria dos três momentos pedagógicos de Delizoicov & Angotti.

O ensino de ciências, e em especial da Física, tem sido um desafio constante entre os estudiosos e pesquisadores, como MA Moreira — Uma análise crítica do ensino de Física, Estudos avançados, (2018) e AMP Carvalho — Ensino de ciências por investigação, (2013), são exemplos de pesquisadores que buscaram essas melhorias. O modo tradicional de ensino no qual muitos professores se baseiam, e como os livros didáticos abordam os conteúdos, não desperta o interesse tampouco o senso crítico dos alunos, levando-os a replicar fórmulas, memorizar conteúdos e repetir conceitos desconectados da realidade. VASCONCELOS, Simão Dias e SOUTO, Emanuel, retratam bem no seu artigo: “o livro didático de ciências no ensino fundamental — proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico” (2003).

“A abordagem tradicional orienta a seleção e a distribuição dos conteúdos, gerando atividades fundamentadas na memorização, com raras possibilidades de contextualização. Ao formular atividades que não contemplam a realidade imediata dos alunos, perpetua-se o distanciamento entre os objetivos do recurso em questão e o produto final. Formam-se então indivíduos treinados para repetir conceitos, aplicar fórmulas e armazenar termos, sem, no entanto, reconhecer possibilidades de associá-los ao seu cotidiano. O conhecimento não é construído, e ao aluno relega-se uma posição secundária no processo de ensino-aprendizagem.”

Com essa abordagem tradicional, os conhecimentos aprendidos serão mecânicos, e somente serão aplicáveis às situações já conhecidas e que não implicarão na compreensão, pois não instrumentalizam o aluno a agir com autonomia diante de sua realidade.

Por isso, há uma necessidade de mudanças pedagógicas para o Ensino de Ciência, em particular a Física, com o intuito de abranger todas as competências e habilidades necessárias à compreensão dos alunos, para poderem entender e intervir no mundo que o cercam.

Nessa perspectiva, as tarefas apresentadas neste produto educacional, foram mediadas pelo docente e baseadas nos três momentos pedagógicos segundo Delizoicov & Angotti (1991): **Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento** com o propósito de instigar os alunos, provocar discussões, motivar, apresentar situações do cotidiano, apresentar o funcionamento dos equipamentos e relacionar a teoria com a prática (atenuando o nível de abstrações presentes, o distanciamento do assunto abordado com o dia a dia dos alunos e apresentando-lhes dois exemplos de aplicações práticas do conteúdo abordado) e fazer com que, de acordo com cada etapa, haja reflexão, questionamentos e interação em cada nova situação que for surgindo.

5 - Fundamentação teórica

5.1 — Introdução a Hidrodinâmica

O estudo da Hidrodinâmica está relacionado com o movimento dos fluidos (líquidos e gases), como a água em um leito de rio, o sangue que corre pelas veias e artérias de uma pessoa ou ainda as águas de uma corredeira, porém o escoamento de um fluido real é muito complicado e ainda não está completamente compreendido. Por isso esse trabalho restringe-se ao estudo de **fluidos ideais**, que possui uma abordagem algébrica simplificada, conforme Sears e Zemanski aborda em seu livro, Física (2008 — 12.º ed.):

“O escoamento de um fluido pode ser extremamente complexo, como no caso das correntezas de um rio ou das chamas revoltas de uma fogueira em um acampamento. Entretanto algumas situações podem ser descritas de maneira idealizada e simples”.

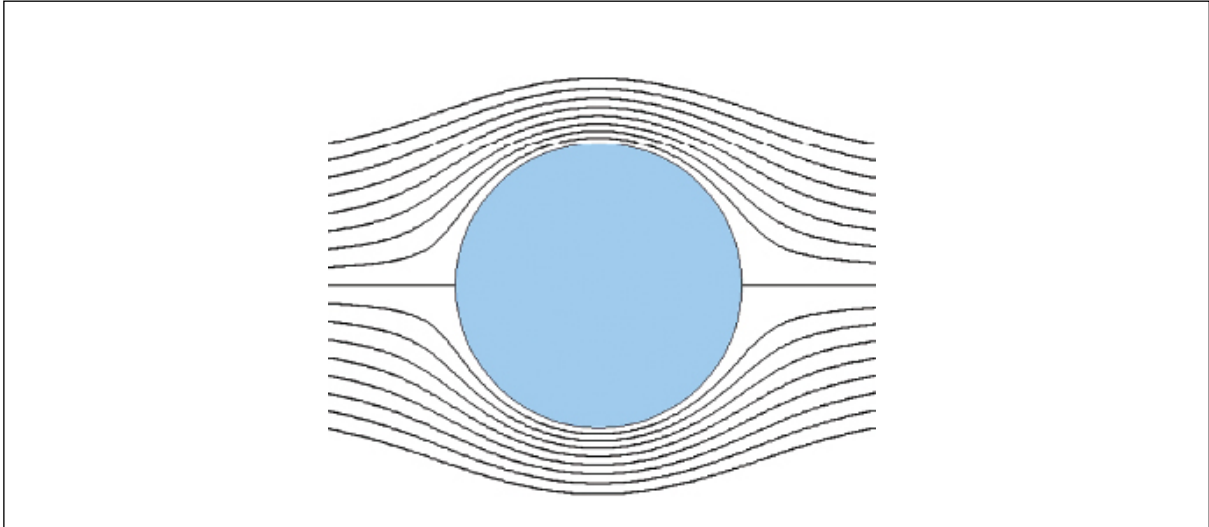
Para ser considerado ideal, o fluido deve satisfazer a quatro requisitos quanto ao seu escoamento.

O escoamento de um fluido pode ocorrer de forma **estacionária**, na qual o vetor velocidade do fluido em um ponto fixo qualquer, não varia com o tempo. Outro aspecto que deve ser considerado é que ele deve ser **incompressível**, ou seja, com o mesmo valor de massa específica em todos os pontos do fluido e em qualquer tempo e **não viscoso**, que não oferece resistência ao seu escoamento.

Por fim, o fluido ideal deve ser **irrotacional**, ou seja, todos os vetores velocidade possuem a mesma direção, intensidade e sentido.

Na figura (1) abaixo vemos um exemplo do escoamento de um fluido ideal através do traçado de suas **linhas de escoamento**, as quais são linhas imaginárias traçadas por uma partícula mergulhada em um fluido.

Figura 1: Representação das linhas de escoamento de um fluido ideal.



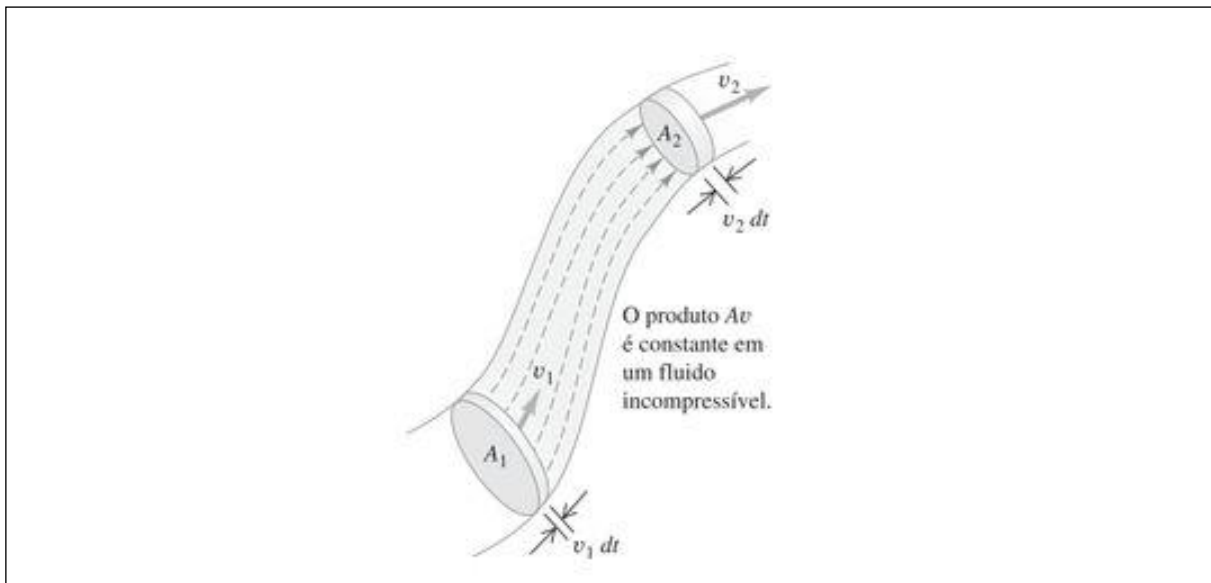
Fonte: <https://www.scielo.br/j/rbep/a/tsvTgNcxwdxScrcCQtznGkK/?lang=pt#ModalFigfig5>

5.1.1 – Equação da continuidade

Ao apertar a extremidade de uma mangueira, percebemos não haverá necessidade de aumentar o fluxo de água na torneira para aumentar a velocidade da água de saída na mangueira, isto é um exemplo claro de que a velocidade depende da área de seção transversal.

A massa de um fluido não varia durante seu escoamento, sendo assim, podemos relacionar essas grandezas em uma equação importante, chamada de **equação da continuidade**. Para isso, consideremos um escoamento laminar de um fluido ideal em tubo de diâmetro variável, como o da figura (2) abaixo.

Figura 2: Tubo de escoamento com seção reta de área variável.



Fonte: Sears e Zemanski (2008 — 12.º ed.)

Considere:

A_1 e A_2 : áreas das seções retas estacionárias;

v_1 e v_2 : velocidades dos fluidos nas seções retas;

dt : pequeno intervalo de tempo;

$v_1 \cdot dt$: pequena distância percorrida

V : volume do fluido;

ρ : densidade do fluido

Durante um mesmo intervalo de tempo dt o fluido escoar da seção A_1 , com volume de entrada $dV_1 = A_1 \cdot v_1 \cdot dt$ para seção A_2 com volume de saída $dV_2 = A_2 \cdot v_2 \cdot dt$.

Considerando que esse fluido é incompressível, de modo que a densidade ρ seja a mesma em todos os pontos do fluido, podemos então dizer que a massa que flui através da seção A_1 , seja $dm_1 = \rho \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot dt$ e a massa que flui através da seção A_2 , seja, $dm_2 = \rho \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot dt$. No escoamento estacionário a massa do fluido se mantém constante, de modo que $dm_1 = dm_2$.

Com isso teremos:

$$dm_1 = dm_2$$

$$\rho \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot dt = \rho \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot dt$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Eq. (5 – 1)

Como vazão é volume por tempo temos:

$$Z = \frac{dV}{dt}$$

$$Z = A \cdot v$$

$$\frac{dV}{dt} = A \cdot v$$

Eq. (5 – 2)

Como o escoamento é estacionário, a vazão volumétrica $A \cdot v$ também é constante.

5.1.2 – Equação de Bernoulli

Conforme a equação da continuidade a velocidade de escoamento muda com a trajetória, já a pressão, depende da altura, como também da velocidade.

A relação entre essas grandezas, pressão, velocidade e altura é chamada de ***Equação de Bernoulli***.

A dependência da pressão em relação à velocidade, vem da equação da continuidade. Quando um fluido incompressível escoar por tubo horizontal com diâmetros diferentes, a velocidade varia, logo um elemento de fluido sofre aceleração.

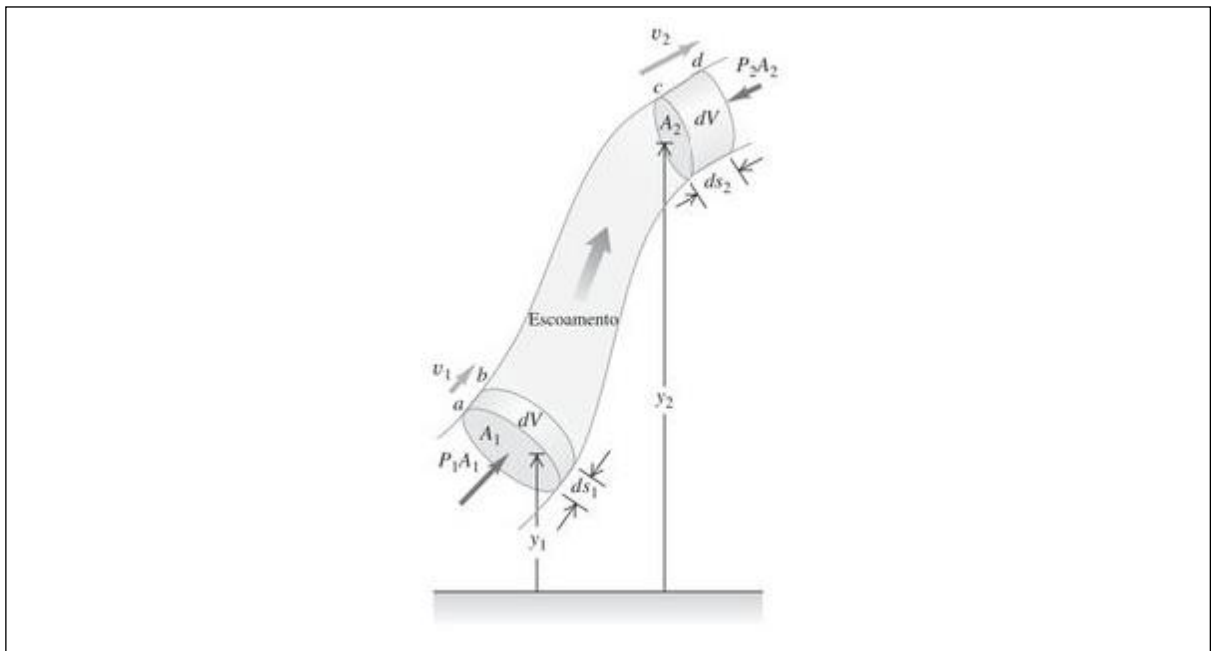
Quando uma tubulação afunila, um elemento de fluido acelera, e esse fluido deve passar por essa região, que neste ponto, é de menor pressão.

Ao ter uma diferença de altura entre as seções do tubo, tem-se uma diferença de pressão adicionada.

5.1.2.1 — Dedução da equação de Bernoulli

Vamos aplicar o teorema do trabalho-energia ao fluido em uma seção do tubo de escoamento. (ver figura — 3).

Figura 3: Tubo de escoamento para demonstração da equação de Bernoulli.



Fonte: Sears e Zemanski (2008 — 12.º ed.)

Considere:

A_1 e A_2 : áreas das seções retas estacionárias;

v_1 e v_2 : velocidades dos fluidos nas seções retas;

dt : pequeno intervalo de tempo;

$v_1 dt$: pequena distância percorrida

V : volume do fluido;

ρ : densidade do fluido

$F_1 = P_1 \cdot A_1$ e $F_2 = P_2 \cdot A_2$: Forças agindo nas seções A_1 e A_2

y_1 e y_2 : Alturas das seções

pela equação da continuidade e pelo fluido ser incompressível, o volume dV que passa em qualquer seção reta num intervalo de tempo dt é sempre o mesmo, logo.

$$dV = A_1 \cdot ds_1 = A_2 \cdot ds_2 \quad \text{Eq. (5 - 3)}$$

Calculemos o trabalho sobre esse fluido em um tempo dt , para isso desprezaremos o atrito interno no fluido, ou seja, sua viscosidade.

$$dW = F_1 \cdot ds_1 - F_2 \cdot ds_2$$

$$dW = P_1 \cdot A_1 \cdot ds_1 - P_2 \cdot A_2 \cdot ds_2 \quad \text{Eq. (5 - 4)}$$

Substituindo a equação Eq. (5-3) na equação Eq. (5-4) temos:

$$dW = dV(P_1 - P_2) \quad \text{Eq. (5 - 5)}$$

O segundo termo possui um valor negativo porque a força que age na seção A_2 se opõe ao deslocamento do fluido.

Como existem outras forças além da gravitacional conservativa agindo no fluido, o trabalho será igual à variação da energia mecânica do sistema.

$$W = \Delta M$$

Eq. (5 – 6)

Como a energia mecânica é igual à energia cinética mais a potencial temos:

$$dW = dK + dU$$

Eq. (5 – 7)

Energia cinética

$$dk = \frac{1}{2}dm_2v_2^2 - \frac{1}{2}dm_1v_1^2$$

Onde:

$$dm_1 = \rho A_1 ds_1$$

$$dm_2 = \rho A_2 ds_2$$

Logo:

$$dk = \frac{1}{2}\rho A_2 ds_2 v_2^2 - \frac{1}{2}\rho A_1 ds_1 v_1^2$$

Da equação Eq. (5-3) temos:

$$dV = A_1. ds_1 = A_2. ds_2$$

Logo:

$$dk = \frac{1}{2}\rho dV v_2^2 - \frac{1}{2}\rho dV v_1^2$$

A variação da energia cinética total num intervalo de tempo dt é:

$$dk = \frac{1}{2} \rho dV (v_2^2 - v_1^2) \quad \text{Eq. (5 - 8)}$$

Com relação à variação da energia potencial gravitacional num intervalo de tempo dt , temos:

$$dU = dm_2 g y_2 - dm_1 g y_1$$

Onde:

$$dm_1 = \rho A_1 ds_1 \quad dm_2 = \rho A_2 ds_2$$

$$dV = A_1 \cdot ds_1 = A_2 \cdot ds_2$$

$$dU = \rho A_2 ds_2 g y_2 - \rho A_1 ds_1 g y_1$$

$$dU = dV \rho g y_2 - \rho dV g y_1$$

$$dU = \rho dV g (y_2 - y_1) \quad \text{Eq. (5 - 9)}$$

Substituindo Eq. (5-8) e Eq. (5-9) na Eq. (5-7) temos:

$$dW = \frac{1}{2} \rho dV (v_2^2 - v_1^2) + \rho dV g (y_2 - y_1)$$

Substituindo equação Eq. (5-5) na equação Eq. (5-9) temos:

$$dV(P_1 - P_2) = \frac{1}{2} \rho dV (v_2^2 - v_1^2) + \rho dV g (y_2 - y_1)$$

Dividindo a equação toda por dV temos:

$$(P_1 - P_2) = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(y_2 - y_1) \quad \text{Eq. (5 -10)}$$

Essa é a equação de Bernoulli e afirma que o trabalho realizado sobre uma unidade de volume de fluido é igual a soma das energias cinética e potencial sobre uma unidade de volume deste fluido, durante o escoamento.

Podemos demonstrar a equação de Bernoulli em função das pressões, vejamos:

Desenvolvendo a multiplicação teremos:

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_2 - \rho g y_1$$

Colocando os termos “1” de um lado do igual e os termos “2” do outro lado, teremos a equação de Bernoulli em função das diferenças de pressões, uma relacionada a variação da velocidade do fluido e a outra relacionada ao peso e produzida pela diferença de altura entre as extremidades do tubo.

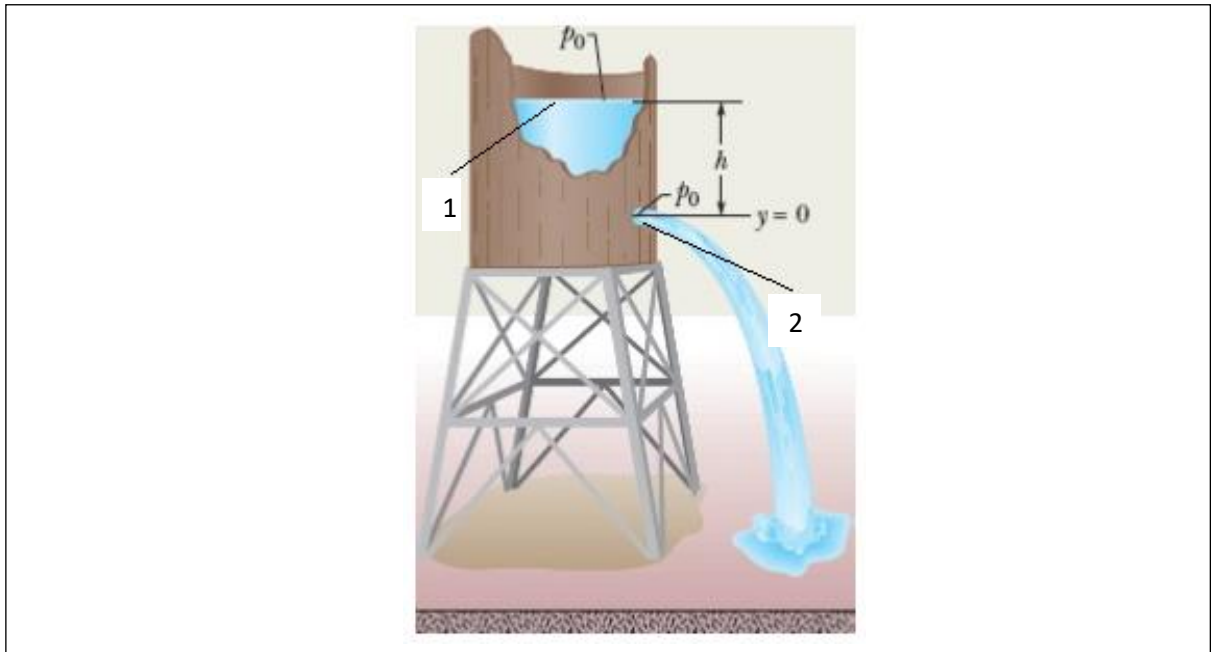
$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2 \quad \text{Eq. (5 -11)}$$

5.1.2.2 — Equação de Torricelli

Segue abaixo uma aplicação da equação de Bernoulli em um caso específico.

Imagine uma caixa d'água cheia e destampada, (ver figura — 4), com um furo na base, como encontrar a velocidade de saída da água pelo furo localizado na base?

Figura 4: Água saindo de uma caixa d'água por um furo na base.



Fonte: Halliday e Hesnick (2016 — 10.ºed.)

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

Para; $y_2 = 0$ $y_1 - y_2 = h$ $P_2 = P_{atm}$; $y_1 = h$

$$P_1 - P_2 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g(0)$$

$$P_1 - P_2 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h = + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Tirando o m.m.c. em toda equação teremos:

$$2(P_1 - P_2) + \rho v_1^2 + 2\rho g h = + \rho v_2^2$$

Dividindo toda a equação por ρ , teremos:

$$2 \left(\frac{p_1 - p_{atm}}{\rho} \right) + v_1^2 + 2gh = v_2^2$$

Para: $P_1 - P_2 = P_{atm}$ e $v_1 = 0$; pois consideramos que o líquido baixa com velocidade muito menor, v_1 do que a velocidade que sai no furo localizado na base da caixa, v_2 Logo:

$$2gh = v_2^2$$

Temos a equação de Torricelli

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

Eq. (5 –12)

Com essa equação, no meu julgamento, concluímos o que havia de mais importante, necessário e suficiente para o aluno entender todos os experimentos propostos nesse trabalho. É importante ressaltar que, aqui foi abordado o conteúdo de Hidrodinâmica com um nível acima do produto educacional, uma vez que usamos abordagem do nível superior.

6 – Produto educacional

6.1 — Apresentação do produto

O produto educacional apresentado neste trabalho, se trata de um livro composto por seis capítulos, onde é descrito todo conteúdo teórico e prático com descrição também de procedimentos gradativos e necessários ao aluno, para que ele possa adquirir o conhecimento indispensável à compreensão dos experimentos principais.

Neste livro, tem-se no primeiro capítulo uma apresentação de todo o produto e dos procedimentos utilizados ao longo dele, já o segundo capítulo é composto pela fundamentação teórica a qual é dividida em duas partes, na primeira se encontra o conteúdo de Hidrostática com suas principais leis e conceitos necessários para o aluno poder entender os conceitos do próximo conteúdo.

O terceiro capítulo é composto pela segunda parte da fundamentação teórica, a qual possui o conteúdo de Hidrodinâmica, onde é tratado todos os conceitos e leis importantes para a compreensão dos experimentos seguintes nos próximos capítulos.

O capítulo quatro contém as sequências didáticas com seus objetivos, procedimentos, aulas teóricas, com sugestão de duas aulas para o conteúdo de Hidrostática e duas aulas para o conteúdo de Hidrodinâmica. Este capítulo compõe, ainda, a sequência de experimentos de fácil uso, com sugestão de três experimentos. Por fim, tem-se os três experimentos principais, os quais são: O aspirador de secreção da VTR UR-13, o aspirador de secreção portátil e o proporcionador de espuma da VTR ABTS.

A escolha da elaboração desse livro foi pensando no espaço deixado pelo conteúdo de Hidrodinâmica não ser lecionado no ensino médio e nos cursos de formação e capacitação de Bombeiros, deixando várias perguntas sem respostas, uma vez que só a Hidrostática, seria incapaz de responder a tais perguntas. Por isso, se pensou em um livro que pudesse suprir não só teoricamente a explicação de vários fenômenos, que até então não se tem explicação para os estudantes do nível básico, como também foi sugerido a aplicação de três experimentos de fácil uso, para aqueles

professores que não conseguirem ou optarem por aplicar os conceitos de Hidrodinâmica em um espaço formal, a sala de aula. Foi também proposto três experimentos chamados de principais, os quais seriam aplicados em um espaço não-formal de ensino, e este espaço seria o Quartel do Corpo de Bombeiros Militar com os equipamentos operacionais desta corporação, com o intuito de mostrar, na prática, as aplicações da Hidrodinâmica, retirando todas as dúvidas e concepções espontâneas dos alunos em relação aos fenômenos físicos presentes.

6.2 — Sequência de aulas teóricas

Existe uma sequência de aulas teóricas, neste livro, de Hidrostática e de Hidrodinâmica para facilitar a aplicação do produto educacional em sala de aula, uma vez que o professor não necessitará de ir buscar subsídio teórico em outras fontes ou livros. Essa sequência de aulas tem fundamentação nas teorias de aprendizagem construtivistas visando a construção do conhecimento e não a mera troca de informações que solicita do estudante a capacidade de decorar conceitos.

Os conteúdos previstos no livro, estão totalmente alinhados aos fenômenos físicos demonstrados nos experimentos secundários, feitos com material de fácil obtenção, e os experimentos principais apresentados no Quartel do Corpo de Bombeiros Militar. O livro está organizado da seguinte forma:

Quadro 1: Distribuição e tema de cada capítulo do livro

CAPÍTULOS	TEMÁTICA
SUMÁRIO	Enumeração dos capítulos e subitens do livro.
LISTA DE FIGURAS	Enumeração das figuras e suas nomenclaturas presentes no livro.
Capítulo — 1 APRESENTAÇÃO	Descreve, de uma forma geral, como está organizado e a que se destina o livro.
Capítulo — 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA (HIDROSTÁTICA)	Exposição dos principais conceitos, princípios e leis da Hidrostática.
Capítulo — 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA (HIDRODINÂMICA)	Exposição dos principais conceitos, princípios e leis da Hidrodinâmica.
Capítulo — 4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA	Apresentação dos objetivos geral e específico, a sequência de aulas teóricas, a sequência de experimentos de fácil obtenção e os experimentos principais.

Capítulo — 5 MANUAL DE MONTAGEM	Orientações de como proceder para conectar os equipamentos e colocá-los em operação.
Capítulo — 6 ANEXOS	Orientações de como proceder para se conseguir a visita ao Corpo de Bombeiros, incluindo um modelo de ofício endereçado ao Comando Geral do Corpo de Bombeiros do RN.
REFERÊNCIAS	Lista dos autores e referências utilizados no livro.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Essa distribuição de capítulos visa permitir, tanto ao professor quanto ao aluno, uma abordagem que favoreça a construção do conhecimento. Seja ela feita pelo professor para o aluno ou pelo aluno para si mesmo.

O livro possui os conteúdos necessários e suficientes para o aluno compreender os experimentos e exemplos do dia a dia, no tocante aos fenômenos Hidrodinâmicos presentes nos experimentos secundários e principais.

6.2.1 – Hidrostática

Inicialmente o professor deverá enunciar os principais conceitos da Hidrostática, em seguida aplicar as fórmulas e leis presentes no livro, a fim de que os alunos adquiram o conhecimento básico necessário ao entendimento das próximas etapas. Deve-se utilizar duas aulas com duração de 50 minutos para a ministração desse conteúdo, uma vez que todos os conceitos descritos aqui serão amplamente debatidos, em sala de aula, já que o conteúdo pertence ao currículo do ensino médio. O conteúdo será dividido em quatro etapas de 25 minutos e estarão conforme o quadro 2 abaixo.

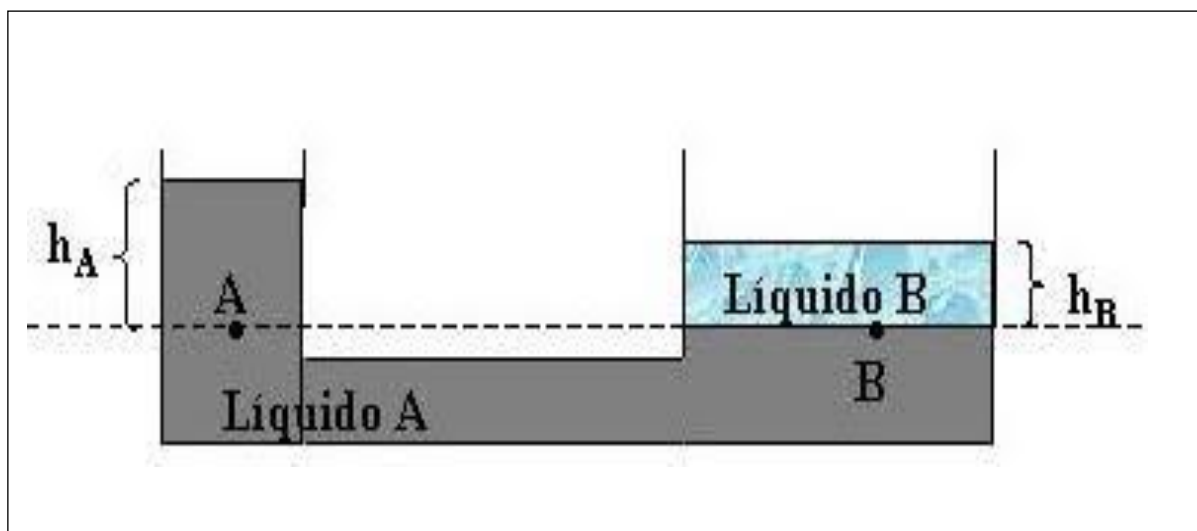
Quadro 2: Distribuição das aulas de Hidrostática e suas temáticas	
HIDROSTÁTICA	TEMÁTICA
AULA — 1 (25MIN)	Conceitos de densidade, massa específica, pressão e unidades, diferenças e semelhanças, bem como apresentação da fórmula e descrição dela.

AULA — 1 (25MIN)	Princípio de Stevin, experiência de Torricelli, descrição matemática da pressão atmosférica, suas unidades e transformações, descrição do experimento de Torricelli com água no lugar de mercúrio, e aplicações.
AULA — 2 (25MIN)	Princípio de pascal, explicação de fenômenos relacionados, fórmulas, relação com o trabalho de uma força, expressão de trabalho na definição de pascal, e aplicações de prensa hidráulica.
AULA — 2 (25MIN)	Princípio de Arquimedes, demonstração da expressão, empuxo, flutuabilidade e densidade dos corpos, exemplos do dia a dia

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Serão lecionados conceitos de Hidrostática tais como: Princípio de Stevin, que consiste em dois pontos mergulhados em um mesmo fluido e na mesma linha horizontal, ficam sujeitos a uma mesma pressão e tem como principal exemplo os vasos comunicantes, (ver figura — 5).

Figura 5: Representação do princípio de Stevin e vasos comunicantes.



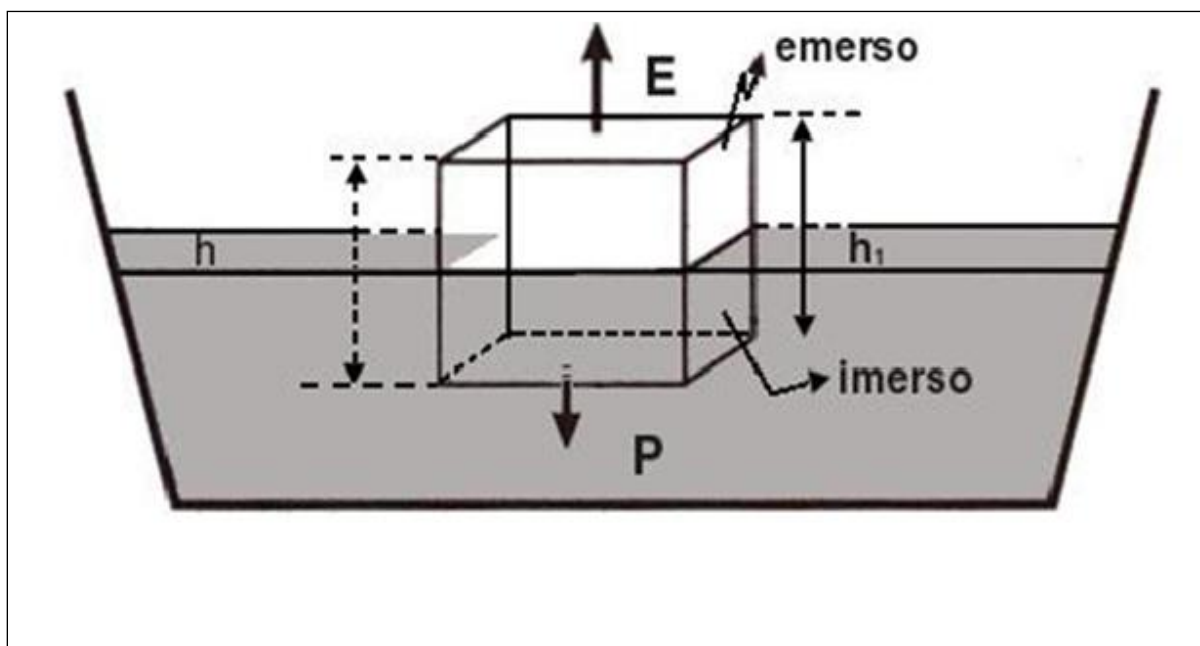
Fonte: <https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSDDw4hMnFFI2zviw3NYENQC7NAUgavIblopA&usqp=CAU>

Outro conceito muito importante e presente nesta sequência de aulas teóricas do livro, é o conceito e aplicação do Princípio de Arquimedes, o qual diz que um corpo

parcial ou totalmente mergulhado em um fluido fica sujeito a uma força que é igual ao peso do fluido deslocado, esta força é denominada Empuxo.

(Ver figura — 6).

Figura 6: Representação do princípio de Arquimedes, EMPUXO.



Fonte: chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5824505/mod_resource/content/1/Aula%2015.pdf

6.2.2 – Hidrodinâmica

Quanto ao conteúdo de Hidrodinâmica, o livro detalha os principais conceitos e leis, os quais o aluno precisa se familiarizar para, além de resolver as questões comparativas que servirão para relacionar o conhecimento prévio com o conhecimento adquirido após as aulas, entender como funciona os experimentos secundários e principais.

O professor deverá utilizar duas aulas com duração de 50 minutos para a ministração desse conteúdo, pois todos os conceitos estudados aqui serão sistematicamente abordados na aplicação dos experimentos seguintes. O conteúdo será dividido em quatro etapas de 25 minutos e estarão conforme o quadro 3 abaixo.

Quadro 3: Distribuição das aulas de Hidrodinâmica e suas temáticas.

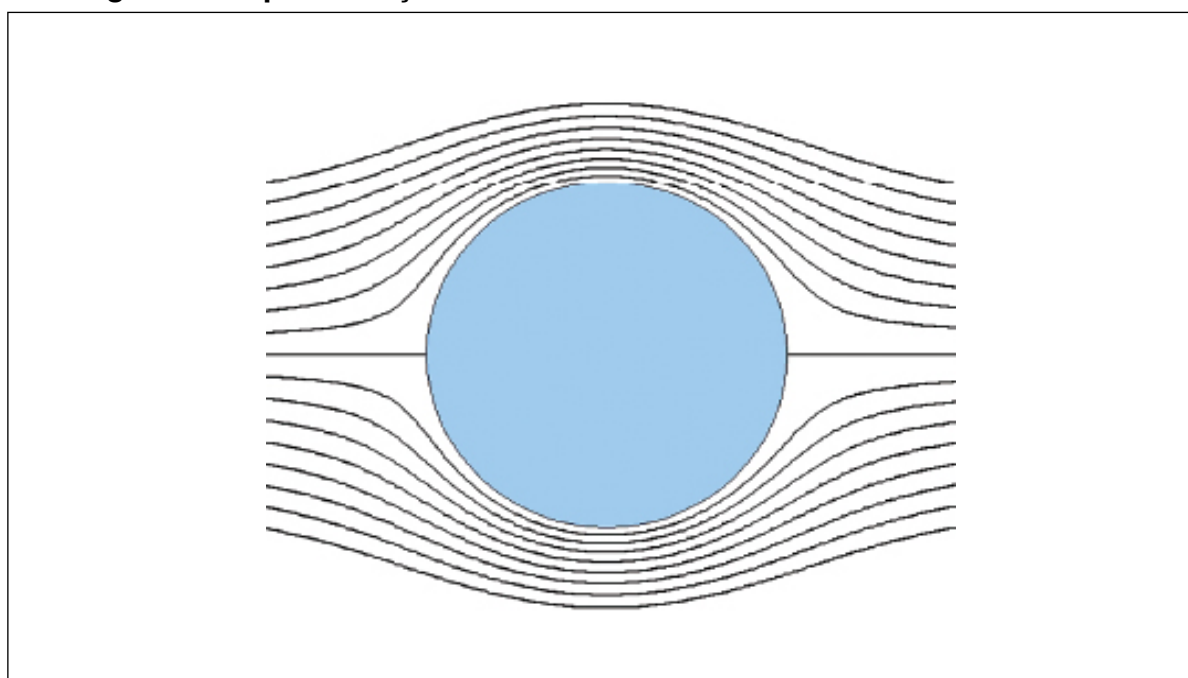
HIDRODINÂMICA	TEMÁTICA
AULA — 1 (25MIN)	Conceito de vazão, fórmula, unidade de medida, equação da continuidade e exemplos do dia a dia.
AULA — 1 (25MIN)	Teorema de Bernoulli, escoamento incompressível de um líquido e a ação das pressões estáticas e dinâmicas.
AULA — 2 (25MIN)	Tubo de Venturi, aplicação da equação de Bernoulli, caso particular, exemplos do dia a dia em que exista aplicação prática deste conceito e equação.
AULA — 2 (25MIN)	Exemplos de aplicação da equação de Bernoulli, como arrastamento, efeito Magnus, etc.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

É importante ratificar que o conteúdo de Hidrodinâmica, devido à complexidade matemática atrelado a ele, não é lecionado no ensino médio, porém o livro traz uma proposta conceitual e com aplicações matemáticas simples e de fácil compreensão, para o aluno conseguir entender e explicar alguns fenômenos físicos que, à luz da Hidrostática não seria possível.

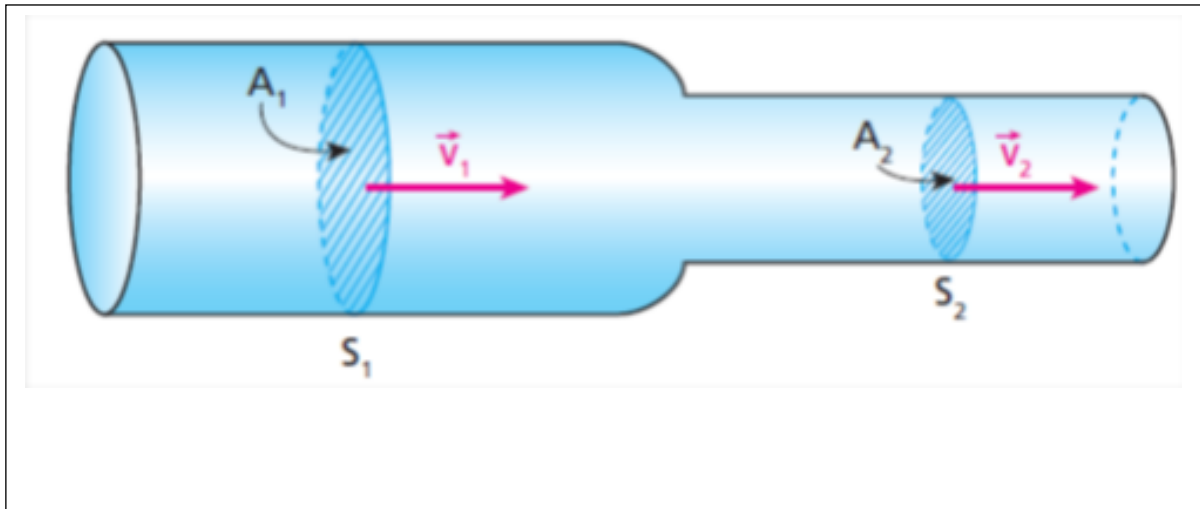
Os principais conceitos ministrados nas aulas sobre Hidrodinâmica são: conceito de fluido ideal e escoamento estacionário (ver figura — 7), aplicação da equação da continuidade e aplicação da equação de Bernoulli e Tubo de Venturi.

Figura 7: Representação das linhas de escoamento de um fluido ideal.



Fonte: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/tsvTgNcxwdxScrcCQtznGkK/?lang=pt#ModalFigfig5>

Figura 8: Representação de um tubo de escoamento.

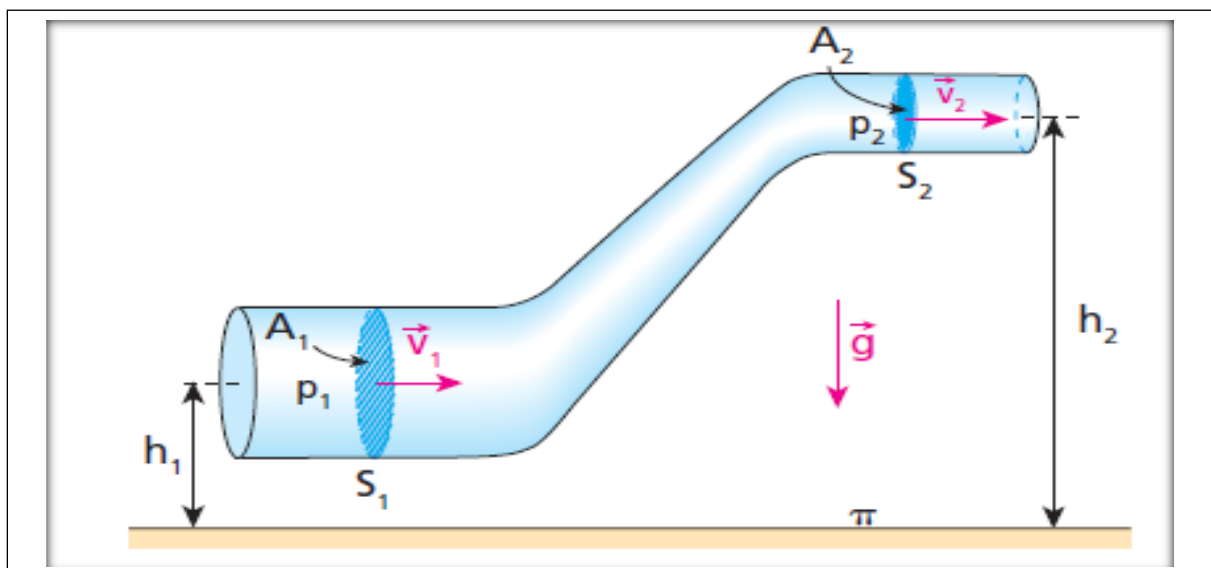


Fonte: Tópicos da Física (2012)

O físico, médico e fisiologista suíço Daniel Bernoulli (1700 – 1782), que estudou o escoamento dos fluidos no século XVIII, relacionou algumas grandezas em uma expressão de grande importância que pode explicar vários fenômenos, tais como: o escoamento em sistemas de encanamentos, em hidrelétricas, nos voos de aeronaves inclusive os experimentos deste trabalho.

Assim como a equação da continuidade, a equação de Bernoulli não é um princípio novo, mas simplesmente uma reformulação de um princípio conhecido, o princípio da conservação de energia, que sofreu adequação para a mecânica dos fluidos.

Figura 9: Representação de uma tubulação com diâmetro variável



Fonte: tópicos da Física (2012)

Foram usados vários livros como referência para a confecção deste livro, alguns foram de nível médio, outros de nível superior onde foram feitas algumas transposições didáticas para atender ao público alvo, facilitando o entendimento das aplicações da Expressão de Bernoulli e os casos particulares com o Tubo de Venturi.

Associada a esses livros, várias pesquisas foram feitas na internet sobre os conceitos de Hidrodinâmica, aplicações da equação da continuidade e da expressão de Bernoulli, de modo que o livro comporta o que há de necessário ao entendimento do aluno, no tocante a apresentação do produto educacional.

Segue abaixo figuras de livros mais usados neste trabalho, (ver figura 10)

Figura 10: Livros usados na confecção deste trabalho



Fonte: <https://www.amazon.com.br/T%C3%B3picos-F%C3%ADsica-Ricardo-Gualter-Biscuola/dp/850217810>

6.3 — Justificativa

É importante frisar que essas aulas teóricas foram debatidas e analisadas junto ao orientador deste trabalho, o qual definiu que seria de grande importância tê-las no livro para auxiliar, de forma mais efetiva, o professor que dispuser deste trabalho e em especial do produto educacional, uma vez que esses conteúdos estejam à disposição deste professor em um só lugar, facilitaria as aulas e consequentemente a aplicação de todos os experimentos que compõem o produto educacional. Já que o aluno necessitará possuir esses conhecimentos previstos no livro, de Hidrostática e Hidrodinâmica.

6.4 — Os experimentos de fácil obtenção

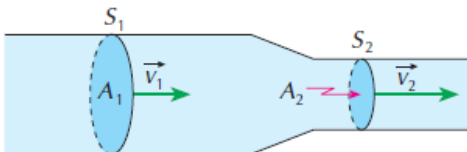
6.4.1 (EXPERIMENTO — 1) — Elevação de uma folha de papel

6.4.1.1 — Avaliação diagnóstica

A avaliação diagnóstica tem como função fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos em relação a algum conteúdo ou experimento que será posteriormente abordado, para isto deve-se elaborar questões simples concernentes ao assunto. Foram elaboradas duas questões que servirão de exemplo para uma avaliação diagnóstica, ou ainda podendo, fazer parte dela.

É importante frisar, que todas as questões aqui apresentadas foram elaboradas pelo autor desse trabalho.

Quadro 4: Questões para a avaliação diagnóstica e seus objetivos

QUESTÃO	OBJETIVO
QUESTÃO 01 Consideremos um tubo de seção transversal não constante e um fluido incompressível escoando por ele.  Fonte: Tópicos da física (2012)	<i>Essa questão tem o objetivo de analisar o conhecimento teórico do aluno sobre a Equação da Continuidade.</i>

Sabendo-se que a vazão do fluido por S1 é a mesma por S2”.

A velocidade de escoamento do fluido na área 1, em relação à velocidade verificada na área 2, e a pressão no ponto 1, em relação à pressão no ponto 2, são:

- a) maior, maior
- b) maior, menor
- c) menor, maior
- d) menor, maior
- e) menor, menor

QUESTÃO 02

Moradores e comerciantes de Itajaí, cidade de **Santa Catarina**, contabilizam os prejuízos com os estragos causados por ventos que chegaram a **80 km/h**, na madrugada de quinta-feira, 03/12/2020.

<https://oglobo.globo.com/epoca/brasil/vento-estilhaca-janelas-atinge-caixas-de-supermercado-em-sc-veja-video-24781092>

As janelas de casas e comércios quebraram, em Itajaí, devido à passagem do vento em alta velocidade e paralelo às janelas.



Fonte: <https://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/projeto-construcao-ventilacao/>

Considerando que o vento tenha soprado tangencialmente à janela, o acidente pode ser mais bem explicado pelo(a):

- a) princípio de conservação da massa.
- b) equação de Bernoulli.

Essa questão tem o objetivo de analisar se o aluno associa os exemplos de fenômenos naturais com os conceitos Físicos anteriormente lecionados.

- | | |
|---|--|
| c) princípio de Arquimedes.
d) princípio de Pascal.
e) princípio de Stevin. | |
|---|--|

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

6.4.1.2 - Apresentação do experimento

O primeiro experimento de fácil obtenção é: ***elevação de uma folha de papel***, que consiste em colocar uma tira de folha de papel ofício (A4) na parte de baixo do lábio inferior da boca e soprar por cima da folha, como mostrado nas figuras abaixo.

Figura 11: Tira de papel se elevando ao ser soprada por cima, um exemplo da aplicação da equação de Bernoulli”



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Quando a velocidade de um fluido aumenta em um ponto, a pressão deste fluido diminui naquele ponto.

Baseado neste princípio observa-se que, para qualquer fluido em movimento, no ponto onde este tiver maior velocidade, ali terá uma menor pressão.

O experimento observado (ver figura — 11), retrata muito bem este princípio, pois à medida que o garoto sopra na parte superior de uma tira de folha de papel ofício, nesta região tem-se uma maior velocidade de escoamento do fluido, que no caso é o ar, logo, neste ponto a pressão será menor em relação à pressão da parte inferior da folha que neste caso é a pressão atmosférica, e isto faz a folha se elevar.

O professor deverá utilizar duas aulas com duração de 50 minutos cada aulas para a aplicação desse experimento, uma vez que após a apresentação e o levantamento dos questionamentos, por uma avaliação diagnóstica, terá avaliação comparativa e isso justifica o tempo sugerido.

O quadro 5, informa como deve ser a divisão das aulas e suas temáticas.

Quadro 5: Distribuição das aulas e temáticas do experimento 1: “Elevação de uma folha de papel”

EXPERIMENTO — 1 “Elevação de uma folha de papel”	TEMÁTICA
AULA — 1 (25MIN)	Aplicação da avaliação diagnóstica
AULA — 1 (25MIN)	Apresentação do experimento, explicação qualitativa da expressão de Bernoulli,
AULA — 2 (25MIN)	Aplicação do experimento, execução do experimento com tira de folha de papel.
AULA — 2 (25MIN)	Aplicação da avaliação comparativa, com retirada das possíveis concepções espontâneas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

6.4.1.3 — Avaliação comparativa

A avaliação comparativa tem a função de avaliar se o conhecimento passado ao longo da aplicação do experimento conseguiu sanar possíveis dúvidas, retirando concepções espontâneas, reveladas na avaliação diagnóstica, pelo conhecimento científico.

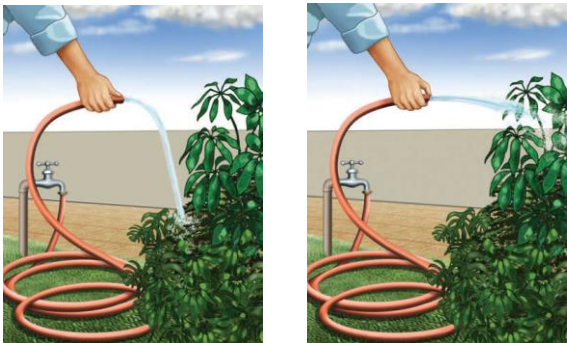
Deve-se, neste experimento, aplicar as mesmas questões diagnósticas e comparar o desempenho dos alunos com relação à avaliação diagnóstica.

6.4.2 – (EXPERIMENTO — 2) Dinâmica dos fluidos com garrafa PET

6.4.2.1 — Avaliação diagnóstica

Foram elaboradas duas questões que deverão compor uma avaliação diagnóstica. Aqui foram colocadas essas duas questões, para que o professor possa tomar como base para elaboração da sua avaliação.

Quadro 6: Questões para a avaliação diagnóstica e seus objetivos.

QUESTÃO	OBJETIVO
<u>QUESTÃO 01</u> Abner, é um garoto com uma missão diária, dada pela sua mãe, Ariane, ele precisa diariamente, pela manhã, aguar as plantas do jardim, para isso ele usa uma mangueira. Quando Abner quer atingir plantas mais distantes, ele pressiona a extremidade da mangueira e a água sai com maior velocidade.  Fonte: Física. Nicolau, Ramalho e Toledo, 2009 Baseado no texto acima, imagine, Abner ao aguar plantas mais próximas, a água sai com velocidade de módulo V e, ao aguar plantas mais distantes, a água sai com velocidade de módulo $2V$. Analisando a primeira situação (plantas próximas) em relação à segunda situação (plantas distantes), a primeira apresentará: a) a metade da área transversal da segunda. b) o dobro da área transversal da segunda. c) um quarto da área transversal da segunda. d) o quádruplo da área transversal da segunda. e) dois quintos da área transversal da segunda.	<i>Essa questão tem o objetivo de analisar se o aluno consegue estabelecer proporcionalidade entre as grandezas da expressão da Continuidade e aplicá-la em questões com cálculo simples.</i>

QUESTÃO 02

Quando abrimos uma torneira observamos que na parte superior, próximo à torneira, o escoamento da água se dá com maior diâmetro, à medida que a água vai caindo o seu filete fica cada vez mais fino e sua velocidade vai aumentando devido à aceleração da gravidade.



Fonte: <https://www.krona.com.br/blog/problemas-de-baixo-fluxo-de-água/>

Com relação ao fenômeno citado, qual a lei que melhor descreve?

- a) do atrito da água com o ar.
- b) da conservação da energia mecânica.
- c) da equação da continuidade.
- d) das forças intermoleculares presentes na água.
- e) das ligações de hidrogênio presentes na água.

Essa questão tem o objetivo de analisar se o aluno consegue relacionar os conceitos da equação da continuidade com exemplo simples do dia a dia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

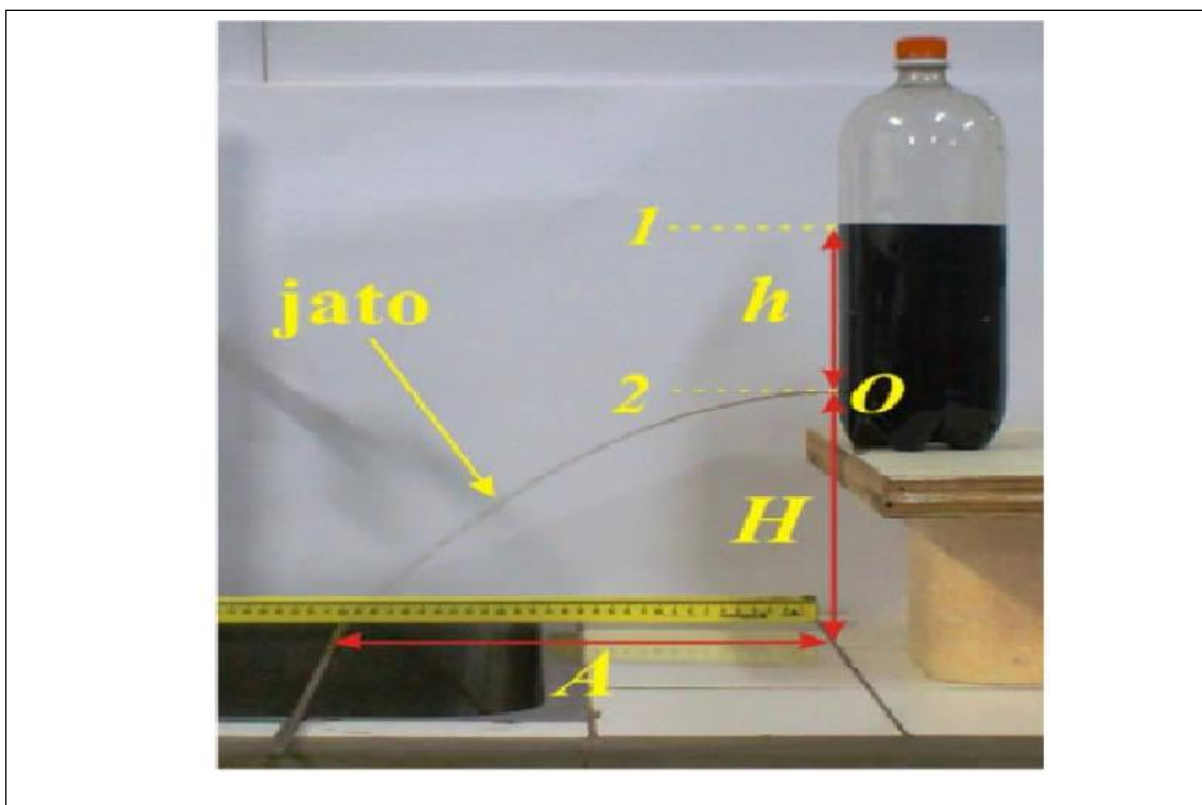
6.4.2.2 — Apresentação do experimento

O segundo experimento tem por título: ***dinâmica dos fluidos com garrafa***, este experimento é composto por duas atividades, a primeira, consiste na medição

direta da velocidade de saída de um jato d'água em um orifício situado na parte inferior de uma garrafa PET de 2 L, (ver figura —12).

Será feito um orifício na base inferior da garrafa PET de 2L. A garrafa estará completamente cheia de água com a tampa não rosqueada e elevada de uma altura H , pode-se observar o escoamento do líquido de forma contínua, como ilustrado na (figura — 12).

Figura 12: Medida do alcance horizontal do jato, proveniente de garrafa PET.

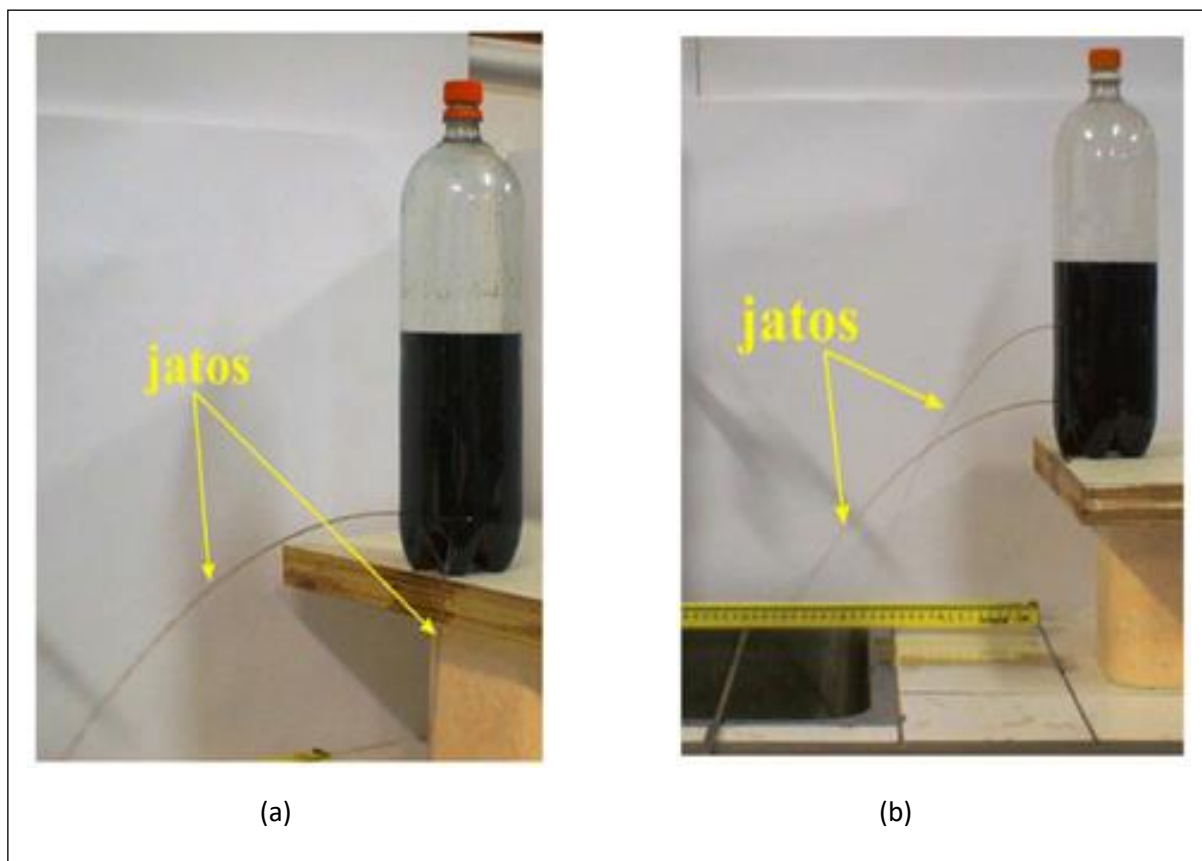


Fonte: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/YH7zSNTYwbCZN6HrDLSyYqB/?lang=pt#>

A primeira atividade consiste em usar o conhecimento básico da cinemática do lançamento horizontal e sua comparação com o resultado esperado pela equação de Bernoulli.

A segunda atividade, discute a dinâmica de vazão no caso em que são feitos dois orifícios alinhados horizontalmente na parte inferior de uma garrafa PET, (ver figura — 13-a) e no caso em que os orifícios são alinhados verticalmente, como mostrado. (Ver figura — (13-b)).

Figura 13: Jatos horizontais e verticais provenientes de garrafa PET.



Fonte: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/YH7zSNTYwbCZN6HrDLSyYqB/?lang=>

Os orifícios nas garrafas foram feitos cuidadosamente com um prego quente de diâmetro $(2,45 \pm 0,05)$ mm.

O professor deverá utilizar duas aulas com duração de 50 minutos cada aulas para a aplicação desse experimento, uma vez que após a apresentação e o levantamento dos questionamentos, via uma avaliação diagnóstica, terá, ao final, uma avaliação comparativa e isso justifica o tempo sugerido.

O quadro 7 abaixo, informa como deve ser a divisão das aulas e suas temáticas.

**Quadro 7: Distribuição das aulas e temáticas do experimento 2:
“Dinâmica dos fluidos com garrafa PET”**

EXPERIMENTO — 2 “Dinâmica dos fluidos com garrafa PET”	TEMÁTICA
AULA — 1 (25MIN)	Aplicação da avaliação diagnóstica, relembrar principais conceitos da Hidrodinâmica.
AULA — 1 (25MIN)	Apresentação do experimento, definição de cada parte do experimento
AULA — 2 (25MIN)	Aplicação do experimento, levantar hipóteses, instigar a curiosidade, fazer várias perguntas.
AULA — 2 (25MIN)	Aplicação da avaliação comparativa, aplicação de quatro questões.

Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

6.4.2.3 — Avaliação comparativa

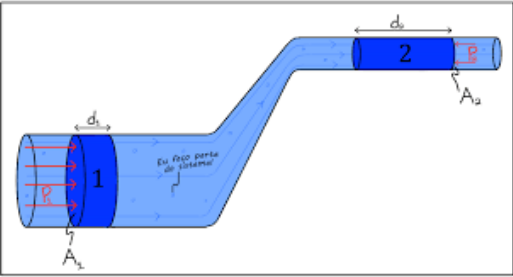
Fica a determinação, para o professor que fizer uso desse material e após todo conhecimento passado ao longo a aplicação do experimento, aplicar a avaliação comparativa com as mesmas questões usadas na avaliação diagnóstica, visando mensurar o aprendizado do aluno em relação aos seus conhecimentos prévios.

6.4.3 - (Experimento — 3) — Medidor de Venturi de fácil obtenção

6.4.3.1 — Avaliação diagnóstica

O professor deve aplicar uma avaliação diagnóstica para levantar informações sobre os conhecimentos dos alunos em relação aos conceitos básicos de Hidrodinâmica. Essa avaliação tem o objetivo de descobrir se há concepções alternativas nas respostas dos alunos e com isso, no decorrer da aplicação do experimento, retirá-las introduzindo o conceito científico.

Quadro 8: Questões para a avaliação diagnóstica e seus objetivos.

QUESTÃO	OBJETIVO
<u>QUESTÃO 01</u> Em uma secção não uniforme de uma tubulação, como o da figura abaixo, escoa um fluido ideal e em regime permanente.  Fonte: Física. Nicolau, Ramalho e Toledo, 2009 Se este cano sofre um estrangulamento e seu diâmetro se reduz a metade, a sua velocidade fica: - reduzida a 1/4. - reduzida à metade. - a mesma. - duplicada. - quadruplicada.	<i>Essa questão tem o objetivo de analisar se o aluno consegue estabelecer proporcionalidade entre as grandezas da expressão da Continuidade e se tem condições resolver questões com cálculos simples.</i>
<u>QUESTÃO 02</u> Um líquido escoar em uma tubulação, onde a região 2 situa-se a uma altura h acima da região 1, conforme figura a seguir. Baseando-se na equação de Bernoulli podemos inferir que:  Fonte: https://pt.khanacademy.org/science/physics/fluids/fluid-dynamics/a/what-is-bernoullis-equation	<i>Essa questão tem o objetivo de analisar se o aluno consegue aplicar os conceitos da equação de Bernoulli em exemplos simples.</i>

a) a velocidade é maior na região 1, logo a pressão cinética também é maior. b) a vazão é maior na região 1 devido à área ser maior. c) A altura é maior na região 2, logo a pressão estática é maior nessa região d) a velocidade de escoamento é maior na região 2. e) a pressão em 1 é menor do que a pressão em 2.	
--	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

6.4.3.2 — Apresentação do experimento

O medidor de Venturi consiste num tubo com um estreitamento que pode ser usado para medir a velocidade de um escoamento de um fluido incompressível.

O fluido, quando passa pela região mais larga do tubo, possui velocidade de escoamento menor e ao encontrar a “garganta” do tubo (região mais estreita), a velocidade de escoamento é maior que a velocidade anterior, pois conforme a equação da continuidade, existe uma relação de inversa proporcionalidade entre a área do conduto e a velocidade. Logo:

$$A \cdot v = \text{Constante}$$

O terceiro experimento que compõe a sequência de experimentos de fácil uso, é o **Medidor de Venturi de fácil obtenção**, que pode construído da seguinte forma: utiliza-se duas garrafas pet, uma mangueira de nível transparente, régua ou paquímetro, fitas adesivas, tesouras e cola. para observar o fenômeno física pode-se utilizar um ventilador, ou um secador de cabelo, para assim utilizar o ar como o fluido em movimento através do tubo, e usar água com algum corante, como o fluido do manômetro, como mostrado a seguir. (ver figura —14).

Figura 14: Medidor de Venturi de fácil obtenção.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=R1kjlHtI9xc&ab_channel=ProfessorRafaelCampos (Acesso: 20/11/2021)

Normalmente, o medidor de Venturi é colocado em uma parte da tubulação, para se medir a velocidade de escoamento, logo, não se está interessado na velocidade na região de estreitamento.

Pela complexidade matemática, este medidor é normalmente estudado em cursos de nível superior, em cursos de Engenharia e Física. No entanto, é possível introduzir conceitos básicos acerca de hidrodinâmica no ensino básico, desde que o professor atue como mediador do conhecimento e esteja preparado para os desafios das práticas experimentais.

É importante que professor, utilize duas aulas com duração de 50 minutos para cada aula na aplicação desse experimento, uma vez que após a apresentação e o levantamento dos questionamentos, por uma avaliação diagnóstica, haverá uma avaliação comparativa e isso justifica o tempo sugerido.

O quadro 9, informa como deve ser a divisão das aulas e suas temáticas.

**Quadro 9: Distribuição das aulas e temáticas do experimento 3:
Medidor de Venturi de fácil obtenção.**

EXPERIMENTO — 3 “Medidor de Venturi de fácil obtenção”	TEMÁTICA
AULA — 1 (25MIN)	Aplicação da avaliação diagnóstica, realizar perguntas que despertem nos estudantes a curiosidade e possibilitem um debate considerando as concepções iniciais de cada um.
AULA — 1 (25MIN)	Apresentação do experimento, mostrar fotos de medidor de Venturi real e suas várias aplicações.
AULA — 2 (25MIN)	Aplicação do experimento, demonstração do seu funcionamento, e estudo analítico operacional.
AULA — 2 (25MIN)	Aplicação da avaliação comparativa, aplicar cinco questões, com o intuito de mensurar a fixação dos conteúdos ministrados aos alunos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

6.4.3.3 — Avaliação comparativa

Seria importante o professor avaliar novamente esses alunos após a aplicação desse experimento, com o intuito de verificar se o aprendizado do aluno foi consolidado, através das respostas dadas pelos alunos com as mesmas questões, aplicadas na avaliação diagnóstica. Isso daria um panorama importante para o professor, no qual poderia mensurar se as concepções alternativas dos alunos foram todas superadas.

6.5 — Os experimentos principais

Em relação aos experimentos que serão apresentados no quartel, deve-se conhecer as partes que compõem os equipamentos a serem utilizados no produto educacional, o proporcionador de espuma e o aspirador de secreção, (chaves, esguicho, mangueiras, LGE, tubos e recipientes dos sistemas) e o funcionamento dos mesmos; identificar os fenômenos Hidrodinâmicos quando os mesmos estiverem em pleno funcionamento; verificar o comportamento do LGE ao surgir a sucção bem como observar a sucção do líquido com corante, representando uma secreção, ao utilizar o tubo de Venturi; exemplificar as aplicações cotidianas ao montar esses equipamentos fazendo-os funcionar.

- Tubo de Venturi usado na Ambulância.

- Proporcionador de espuma usado no caminhão de incêndio.

Nesta sequência didática, serão apresentados os objetivos de cada uma das atividades propostas, além do tempo de duração de cada uma delas.

6.5.1 - Conteúdos de Aprendizagem

Vazão, Equação da continuidade, Teorema de Bernoulli, Demonstração do teorema de Bernoulli e Equação de Torricelli.

6.5.2 - (Experimento — 1) — Aspirador de secreção — VTR

6.5.2.1 — Avaliação diagnóstica

Para o livro, foram elaboradas cinco questões discursivas por um formulário, para levantamento do conhecimento prévio dos alunos em relação aos conhecimentos básicos de Hidrodinâmica e de nomenclaturas, funcionamento e serventia dos equipamentos usados nesses experimentos, os quais são: aspirador de secreção da fixo na VTR e portátil. É importante ressaltar que a avaliação diagnóstica foi aplicada com relação aos dois primeiros experimentos que são: aspirador de secreção fixo e portátil, já que necessitam do mesmos conhecimentos físicos para sua compreensão.

6.5.4.2 — Apresentação do experimento

O sistema de aspiração de secreção da VTR, é um sistema montado na régua de gases da ambulância projetado para retirada passiva de secreção endotraqueal em pacientes que recorrem à ventilação mecânica. Fisicamente funciona baseando-se nas equações da continuidade, Bernoulli e Venturi, onde o gás que sai dos cilindros de O_2 , fixos na VTR, alimenta o sistema e este gás ao passar por uma região estreita, na peça metálica colocada na extremidade do frasco para depósito de secreção, aumenta sua velocidade diminuindo a sua pressão interna, com isso a pressão atmosférica (externa) age empurrando a secreção para os condutos e depositando-se no frasco.

Foi demonstrado para os alunos o funcionamento do sistema com água e um determinado corante para que ficasse mais visível, na hora que estivesse acontecendo a aspiração da água.

Este sistema é geralmente montado para pacientes que podem ser atendidos no interior da VTR, ou seja, quando a VTR consegue ter acesso ao local da ocorrência.

Figura 15: Cilindros de Oxigênio (O₂).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 16: Régua de gases



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 17: Fluxômetro **Figura 18: Tubo para secreção**

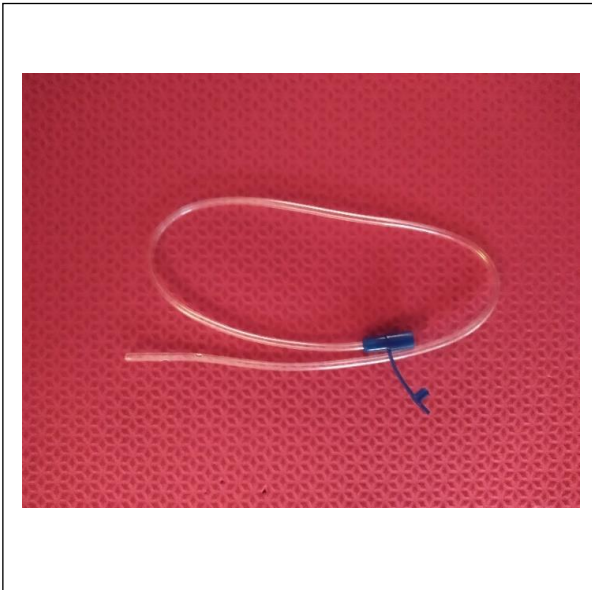


Fonte: Elaborado pelo autor (2022)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 19: Cateter de respiração traqueal



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 20: Manômetro



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 21: Sistema de aspiração



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 22: Tubo de látex cirúrgico



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Segue os links para observação, montagem e funcionamento dos experimentos 1 e 2.

<https://youtu.be/wmacD-YvMck> (portátil)

<https://youtu.be/of5s-Nc4ulc> (fixo na régua de gases)

Após a apresentação de todos os equipamentos que compõe o sistema de aspiração de secreção da VTR, segue-se a manipulação e montagem dos equipamentos, efetuados pelo professor, este, dividirá a turma em pequenos grupos de cinco alunos, e eles repetirão todos os procedimentos conduzidos pelo professor, montando o sistema e explicando os fenômenos físicos observados, baseados no Princípio de Bernoulli e Efeito Venturi.

6.5.3 - (Experimento — 2) — Aspirador de secreção VTR portátil

Consiste em um sistema de aspiração muito semelhante ao sistema de aspiração de secreção fixo na VTR, mas com algumas peculiaridades.

6.5.3.1 — Apresentação do experimento

O sistema portátil, como o nome já sugere, pode ser transportado junto ao socorrista, e com isso podendo levar o atendimento a lugares onde a VTR não consegue alcançar, porém, nem tudo é vantagem, a oferta do Oxigênio no cilindro é bem menor logo requer um atendimento mais rápido até que se possa estabilizar a vítima até conseguir levá-la à VTR e em seguida a um hospital. Quanto ao funcionamento físico do sistema, é o mesmo do sistema fixo na régua dos gases, seguindo o Princípio de Bernoulli e Venturi, (ver figura — 21).

6.5.3.2 — Montagem e Manipulação

Os equipamentos utilizados no sistema de aspiração de secreção fixo na VTR, em sua maioria, são os mesmos utilizados no sistema portátil, com algumas poucas exceções, onde se faz uma troca por equipamentos que desempenharão a mesma função. O cilindro fixo na VTR dará lugar a um cilindro de menor capacidade e portátil e a régua de gases onde se fixava o frasco para depósito de secreção, agora será acoplado diretamente no cilindro, por uma peça que une o fluxômetro, o frasco e o cilindro. (ver figuras — 23 e 24).

Figura 23: Cilindro de Oxigênio com 625L

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 24: Sistema de aspiração

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

O professor deve utilizar três aulas com duração de 50 minutos cada aula, para a aplicação desse experimento, inicialmente deve fazer levantamento dos questionamentos, via uma avaliação diagnóstica e em seguida fazer a apresentação dele, ao final, deve aplicar a avaliação comparativa.

O quadro 6 abaixo informa como deve ser a divisão das aulas e suas temáticas.

Quadro 10: Distribuição das aulas e temáticas do experimento 1.

EXPERIMENTO — 3 “Medidor de Venturi de fácil obtenção”	TEMÁTICA
AULA — 1 (25MIN)	Aplicação da avaliação diagnóstica, realizar perguntas que despertem nos estudantes a curiosidade e possibilitem um debate considerando as concepções iniciais de cada um.
AULA — 1 (25MIN)	Apresentação dos componentes do experimento, sistema de aspiração de secreção fixo na VTR.
AULA — 2 (25MIN)	Montagem e manipulação dos equipamentos, demonstração do seu funcionamento, e estudo analítico operacional do sistema de aspiração de secreção fixo na VTR
AULA — 2 (25MIN)	Apresentação dos componentes do experimento, sistema de aspiração de secreção portátil

AULA — 3 (25MIN)	Montagem e manipulação dos equipamentos, demonstração do seu funcionamento, e estudo analítico operacional do sistema de aspiração de secreção portátil.
AULA — 3 (25MIN)	Aplicação da avaliação comparativa, aplicar cinco questões, com o intuito de mensurar a fixação dos conteúdos ministrados aos alunos.

Fonte: Elaborado pelo autor

6.5.3.3 — Avaliação comparativa

Feitas as devidas observações pelo professor, este deverá aplicar, para toda turma, cinco questões comparativas, que servirão para avaliação do aprendizado teórico-prático dos alunos. Nessa avaliação o professor conseguirá relacionar as respostas dadas anteriormente na avaliação diagnóstica com as novas respostas, após todo conhecimento passado sobre o conteúdo concernentes aos experimentos apresentados. Na aplicação das questões, foram repetidas as questões 4 e 5 da avaliação diagnóstica, com o intuito de extrair do aluno sua melhor resposta e verificar, em detalhe, se todas as concepções espontâneas foram superadas, e se o aluno conseguiu compreender e responder com propriedade as questões propostas. É importante frisar que essas questões eram relacionadas aos conceitos Hidrodinâmicos dos experimentos.

6.5.4 - (Experimento — 3) — Proporcionador de espuma

Equipamento responsável pela sucção do LGE (líquido gerador de espuma), misturando-o a água que passa em alta velocidade formando a espuma.

6.5.4.1 — Avaliação diagnóstica

Foi enviado um formulário com cinco questões problematizadoras para os alunos poderem responder, com claro objetivo definido pelo professor de fazer um levantamento sobre o que os alunos tinham de conhecimentos sobre os conteúdos e temas propostos nesse experimento. As perguntas se baseiam nos conhecimentos sobre os equipamentos do sistema de formação de espuma e sobre os principais conceitos da Hidrodinâmica.

6.5.4.2 — Apresentação do experimento

O proporcionador de espuma é um dos dispositivos de sucção do LGE que possui uma haste metálica a qual deve ser introduzida em um recipiente que contém o líquido gerador de espuma (LGE). Esse líquido será misturado à água corrente na mangueira de incêndio formando a espuma que é um agente extintor.

Figura 25: Proporcionador de espuma.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 26: Esguicho lançador de espuma à baixa pressão.



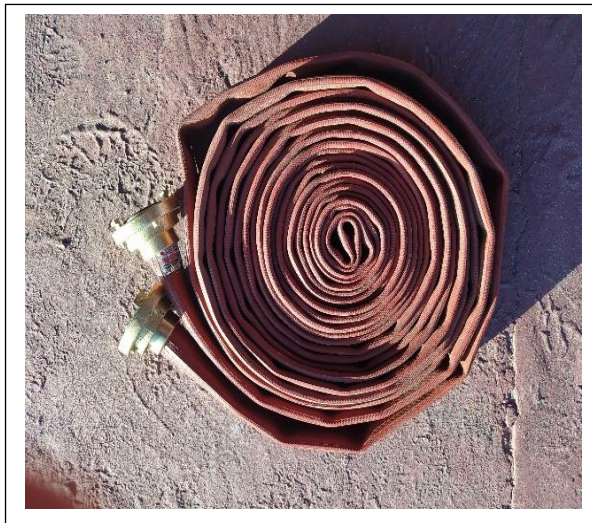
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 27: Esguicho regulável



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 28: Mangueira de incêndio 1,½"



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 29: Líquido gerador de espuma (LGE 6%)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 30: Proporcionador de espuma, montado direto na expedição do caminhão de incêndio pronto para fazer sucção do LGE.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Segue o link para observação, montagem e funcionamento do experimento - 3
<https://youtu.be/RxWxCi7InJ0> (Proporcionador de espuma)

6.5.4.3 — Observação e explicação do fenômeno

A água, ao sair sob pressão do tanque de um caminhão de incêndio, se desloca ao longo da mangueira de incêndio com alta velocidade. O LGE é aspirado devido à água passar por uma região estreita do proporcionador e consequentemente com uma velocidade ainda maior, reduzindo a pressão naquele ponto onde se encontra uma das extremidades da haste. A outra extremidade se encontra em um recipiente com LGE, de onde ele será aspirado, devido à diferença entre a pressão interna ao proporcionador e a pressão atmosférica.

O professor deve utilizar três aulas com duração de 50 minutos cada aulas para a aplicação desse experimento. Será aplicada ao final uma avaliação comparativa justificando o tempo sugerido.

O quadro11, informa como deve ser a divisão das aulas e suas temáticas.

Quadro 11: Distribuição das aulas e temáticas do experimento 3

EXPERIMENTO — 3 “Medidor de Venturi de fácil obtenção ”	TEMÁTICA
AULA — 1 (25MIN)	Avaliação diagnóstica, realizar cinco perguntas tanto sobre os equipamentos operacionais quando seu funcionamento físico.
AULA — 1 (25MIN)	Apresentação dos componentes do experimento, sistema formador de espuma e em especial o proporcionador de espuma.
AULA — 2 (25MIN)	Montagem e manipulação dos equipamentos operacionais do sistema formador de espuma.
AULA — 2 (25MIN)	Demonstração do funcionamento do sistema formador de espuma e estudo analítico operacional.
AULA — 3 (25MIN)	Aplicação da avaliação comparativa, aplicar cinco questões, com o intuito de mensurar a fixação dos conteúdos ministrados aos alunos.
AULA — 3 (25MIN)	Considerações finais do professor e coleta de sugestões para as próximas apresentações.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

6.5.4.4 — Avaliação comparativa

Ao final deste ciclo de aulas sobre o experimento em questão, foram aplicadas cinco questões discursivas, onde as três primeiras estão relacionadas com o conhecimento técnico operacional do sistema formador de espuma, e as duas últimas questões, as quais foram repetidas da avaliação diagnóstica, estão relacionadas com o funcionamento físico do experimento. O intuito da repetição das duas últimas questões foi de descobrir se o aluno, após as aulas de aplicação do experimento, conseguiu responder, com propriedade, as questões propostas, e se todas as concepções alternativas foram retiradas.

7 – Procedimentos metodológicos

Para a realização desse trabalho, foi aplicado o produto educacional descrito no capítulo anterior. As atividades realizadas foram divididas em três momentos que foram: aplicação da avaliação diagnóstica, enviadas aos alunos por um formulário, a explicação, montagem e manipulação dos equipamentos, onde o conhecimento técnico operacional foi repassado juntamente com o conhecimento físico através da explicação do fenômeno Hidrodinâmico do experimento, e em seguida os alunos foram submetidos a uma avaliação comparativa.

A aplicação do produto foi realizada com os alunos do Curso de formação de praças CFP, cuja exigência de acesso é do ensino médio completo, logo correspondendo a uma turma de ensino médio-técnico, e com a equipe e serviço do dia, a qual teve as mesmas exigências de acesso em seus concursos. É importante ressaltar que todos se encontravam no 1ºSGB do 2.º GBM, quartel do Corpo de Bombeiros Militar, localizado em Parnamirim-RN.

Neste capítulo buscou-se contextualizar o ambiente onde ocorreu a aplicação do produto, o perfil dos alunos participantes, e os instrumentos utilizados para a construção e análises dos dados, detalhando todos os passos da aplicação deste produto educacional.

7.1 — O perfil dos participantes

A nossa pesquisa foi realizada com alunos do curso de formação de praças do corpo de Bombeiros militar do Rio Grande do Norte, com 12 alunos CFP; e com os militares que, neste dia, estavam compondo as guarnições de ABTS-09 (caminhão de incêndio), com 5 militares ABS-03 (Alto busca e Salvamento) como 4 militares e a UR-13 (Unidade de resgate) com 2 militares e mais o adjunto de dia totalizando 24 alunos no dia da aplicação do Aspirador de secreção fixo na VTR (1.º experimento) e do Aspirador de secreção portátil (2.º experimento). Lembrando ainda que aplicação desses experimentos se deram no dia 22/01/2022 e que esses alunos corresponderam a uma turma de ensino médio técnico.

Com relação ao aspirador de secreção, devido as VATRS não estarem totalmente disponíveis para a aplicação do produto por completo, ou seja, as VATRS estavam operantes, prontas para atender todas as ocorrências referentes ao serviço

de Bombeiros, por isso foi necessário dividir a aplicação dos experimentos. Ficando o 3.º experimento, proporcionador de espuma, para ser aplicado no dia 10/04/2022. Este dia foi escolhido com um longo tempo de intervalo, devido às dificuldades de se conseguir o material adequado, além de poder reunir quase todos os militares e alunos que participaram dos 1.º e 2.º experimentos.

Esta segunda turma foi composta pela mesma quantidade de alunos da primeira turma com as mesmas VTRS em operação e grande parte do efetivo de alunos e militares dos primeiros experimentos, com apenas 6 militares diferentes em relação à primeira turma. É importante destacar que, foi aplicado este 3.º experimento no mesmo quartel de Bombeiros.

Com isso pode-se totalizar os indivíduos participantes de ambos os dias de aplicação contando com as duas turmas, 48 alunos, porém desses, 42 participaram dos 1.º e 2.º experimentos e 6 deles participaram apenas do 2.º experimento.

7.2 — Itinerário metodológico

O itinerário metodológico foi organizado para cumprir os seguintes objetivos:

- Verificar as concepções dos alunos a respeito dos conceitos básicos da Hidrodinâmica, uma vez não que não é previsto nos cursos de (CFP) e (CFS) do CBM.
- Caracterizar o conhecimento prévio dos alunos com relação à equação da continuidade, Princípio de Bernoulli e Venturi, suas aplicações e seus limites;
- Possibilitar a construção do conhecimento sobre os conceitos básicos da Hidrodinâmica através das aulas teóricas propostas no produto;
- Aplicação do produto educacional em duas etapas com 3 experimentos apresentados.
- Avaliar a aprendizagem após as aulas lecionadas e a aplicação dos experimentos.

7.3 — A problematização inicial

Esta é a etapa inicial do trabalho, onde foi proposto um formulário com cinco questões problematizadoras, onde o professor mediador aguça a curiosidade dos alunos, levando-os a uma discussão sobre o tema proposto, com um claro objetivo de

colher informações dos alunos sobre seus conhecimentos iniciais com relação ao tema proposto, e mais que isso, traz o aluno para a discussão relacionando o tema com seu cotidiano, conforme escreveu (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 29) no seu livro.

“Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque, provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes”.

7.3.1 – A avaliação diagnóstica

Esta avaliação foi constituída de um teste enviado para os alunos em um formulário contendo cinco questões discursivas, todas de autoria própria, para analisar o nível de conhecimento dos alunos a respeito dos conteúdos e de seus conhecimentos prévios. Julga-se que esses conhecimentos prévios são necessários para os alunos serem submetidos à aplicação do produto educacional, caso contrário, a aplicação do produto não cumpriria os seus objetivos. Essa avaliação diagnóstica foi útil também para analisar e avaliar a necessidade de se trabalhar os principais conceitos de Hidrodinâmica. Lembrando que foram elaborados esses testes para dois tipos de experimentos, um teste para os 1.º e 2.º experimentos juntos, já que não havia diferença entre eles, do ponto de vista físico, e um teste com cinco questões para o 3.º experimento que é o proporcionador de espuma. Os testes de avaliações diagnósticas foram elaborados de maneira que cada uma das questões tinha um objetivo específico e todos eles estão indicados nos quadros a seguir.

Figura 31: Formulário de questões da avaliação diagnóstica (AS).



Perguntas problematizadoras - Aspirador de secreção

Essas perguntas serão feitas para saber qual o nível de conhecimento prévio dos alunos em relação aos produtos que serão apresentados. Essas perguntas serão feitas antes da aula prática.

Fonte: Elaborado pelo autor — (2022)

Quadro 12: Quadro das questões diagnósticas e seus objetivos
“Aspiradores de secreções fixo e portátil”(AS)

QUESTÃO	OBJETIVO
<u>Questão 1</u> Válvula do cilindro de Oxigênio completamente aberta e o ponteiro do dinamômetro na faixa vermelha, o que significa? 	<i>Essa questão tem o objetivo de mensurar o conhecimento prévio do aluno sobre os equipamentos usados na aspiração de secreção.</i>

<u>Questão 2</u> Para que serve o frasco de policarbonato acoplado a um cilindro de O₂, ou acoplado à régua de gases? 	<i>Com o equipamento mostrado, saber se o aluno tem ideia de que se trata tal equipamento e para que serve.</i>
<u>Questão 3</u> Em que situação você acha que deve ser utilizado o sistema portátil e não o fixo na régua de gases, na ambulância?	<i>Essa questão tem o objetivo de analisar se o aluno, consegue vislumbrar a utilização do equipamento, na prática dos profissionais que o utilizam.</i>
<u>Questão 4</u> De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? Explique.	<i>Mensurar o conhecimento físico dos alunos, sobre a atuação da pressão atmosférica, em relação ao sistema de aspiração.</i>
<u>Questão 5</u> Você sabe como funciona, fisicamente, o aspirador de secreção?	<i>Levantar hipóteses sobre o funcionamento físico do sistema de aspiração de secreção, mensurando o conhecimento físico dos alunos e registrando possíveis concepções espontâneas.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 32: Formulário de questões da avaliação diagnóstica (PE).



Perguntas problematizadoras - Proporcionador de espuma

Essas perguntas serão feitas para saber qual o nível de conhecimento prévio dos alunos em relação aos produtos que serão apresentados. Essas perguntas serão feitas antes da aula prática.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Quadro 13: Quadro das questões diagnósticas e seus objetivos
“Proporcionador de espuma” (PE)

QUESTÃO	OBJETIVO
<u>Questão 1</u> Para que serve a Válvula de dosagem? 	<i>Essa questão tem o objetivo de mensurar o conhecimento prévio do aluno sobre os equipamentos usados para formação de espuma do caminhão de incêndio.</i>

<u>Questão 2</u> Por que existe uma redução no diâmetro do proporcionador de espuma entre linhas? 	<i>Com o equipamento mostrado, saber se o aluno tem ideia do porquê de certas formas do equipamento, e o porquê de ser tão importante esse conhecimento.</i>
<u>Questão 3</u> Enuncie a sequência correta da montagem do sistema de formação de espuma.	<i>Essa questão tem o objetivo de analisar se o aluno, consegue saber a sequência de montagem do equipamento antes da aula ministrada.</i>
<u>Questão 4</u> De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? Explique.	<i>Mensurar o conhecimento físico dos alunos, sobre a atuação da pressão atmosférica, em relação ao sistema de formação de espuma do caminhão de incêndio.</i>
<u>Questão 5</u> Explique fisicamente como se dar a sucção do LGE.	<i>Levantar hipóteses sobre o funcionamento físico do sistema de formação de espuma do caminhão de incêndio, mensurando o conhecimento físico dos alunos e registrando possíveis concepções espontâneas.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

7.4 — A organização do conhecimento

Nesse segundo momento, os conteúdos necessários ao entendimento do tema do trabalho em questão e da problematização inicial, serão sistematicamente estudados, visando sanar todas as dúvidas e introduzir o conhecimento físico afim que o aluno não possua mais concepções alternativas. Lembrando que todo esse processo será mediado pelo professor, como afirmar Delizoicov e Angotti (1990.^a, p. 30).

“[...] será preparado e desenvolvido, durante o número de aulas necessárias, em função dos objetivos definidos e do livro didático ou outro recurso pelo qual o professor tenha optado para o seu curso. Serão ressaltados pontos importantes e sugeridas atividades, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem”.

7.4.1 - A aplicação do produto educacional

Inserido na organização do conhecimento, onde todo conteúdo necessário ao entendimento do trabalho precisar ser estudado, temos a aplicação do produto educacional que compõe esta bagagem primordial para que o aluno, ao final, possa relacionar os conteúdos e experimentos aqui estudados, com os fenômenos naturais que se pode encontrar no cotidiano.

A análise diagnóstica apresentada na seção passada nos mostrou que existe uma fragilidade relativa ao domínio dos conteúdos prévios para a assimilação dos novos conceitos apresentados no produto educacional nas duas turmas testadas. O diagnóstico prévio permitiu determinar qual o ponto de partida para a possível aplicação do Produto Educacional.

A aplicação foi realizada com duas turmas em duas datas diferentes, a primeira turma teve sua aplicação no dia 22/01/2022, com o experimento de Aspirador de secreção fixo na VTR.

Abaixo vemos uma foto do dia em que foi aplicado o 1.º experimento, o aspirador de secreção fixo na VTR, unidade de resgate (UR-13).

Figura 33: Aplicação do 1.º experimento (aspirador de secreção da VTR)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Ainda no primeiro dia se deu a aplicação do 2.º experimento, o aspirador de secreção portátil, como visto a seguir, (ver figura — 34).

Figura 34: Aplicação do 2.º experimento (aspirador de secreção portátil)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

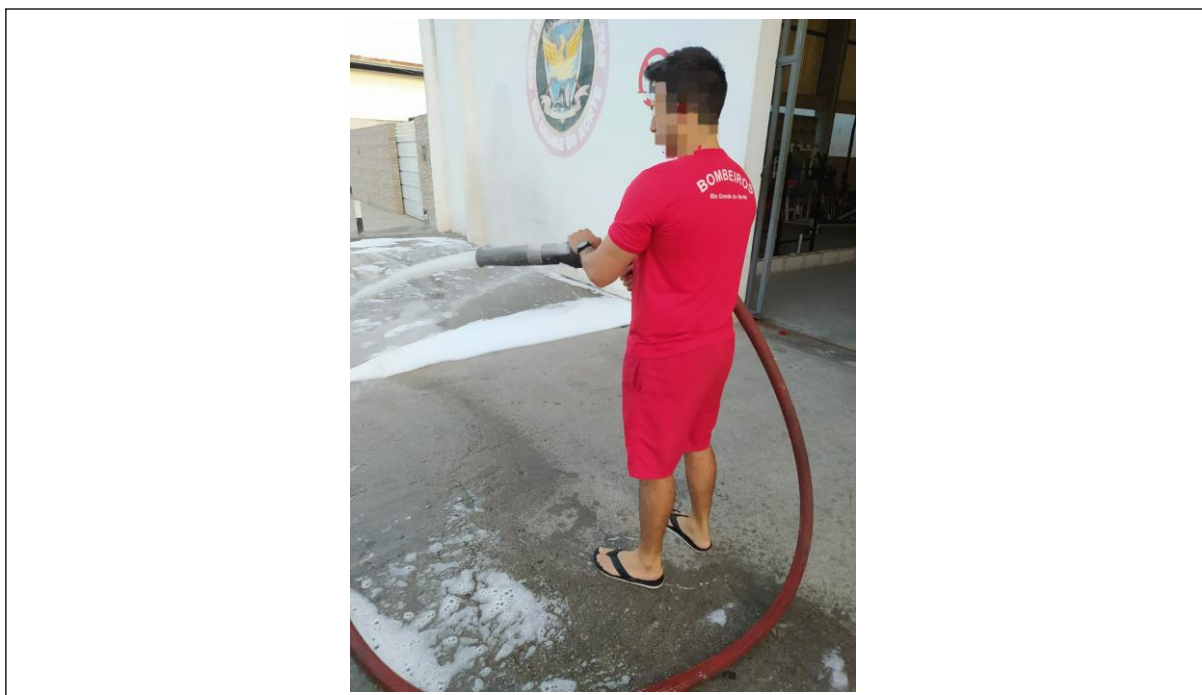
Inicialmente foi disponibilizado um formulário, com 5 questões, sendo as 3 primeiras relacionadas aos conteúdos técnicos operacionais dos sistemas de aspiração de secreção, e as duas últimas questões, eram sobre os conhecimentos físico dos equipamentos, sobre quais leis, eram regidos os dois experimentos.

O terceiro momento da aplicação se dava com uma avaliação comparativa, enviada via formulário para os alunos, onde eles respondiam as 3 primeiras questões sobre o conhecimento técnico, operacionais dos equipamentos e seus procedimentos. Essas questões tinham seu nível gradativamente aumentados em relação às questões diagnóstica, quanto as duas últimas questões, as quais estavam relacionadas com o conhecimento físico dos experimentos, foram repetidas das da avaliação diagnóstica, com o objetivo de medir o aprendizado dos alunos após os estudos dos principais conceitos da Hidrodinâmica e a aplicação dos dois primeiros experimentos do produto.

A segunda turma, a qual foi composta pela maior parte dos componentes da primeira, com exceção de 6 alunos, participou da aplicação do terceiro experimento do produto educacional.

O Proporcionador de espuma, faz parte de um sistema para extinção de incêndio, onde o proporcionador é a peça principal, (ver figuras — 35 e 36).

Figura 35: Aplicação do 3.º experimento (proporcionador de espuma)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 36: Aplicação do 3.º experimento (proporcionador de espuma)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Nesse experimento os alunos repetiram as mesmas etapas anteriores, foram submetidos a uma avaliação diagnóstica, enviada para os alunos por um formulário, onde possuíam 5 questões problematizadoras que instigava a curiosidade e explicitava as concepções dos alunos, contudo era o intuito do professor, para colher as informações necessárias a serem atacadas na hora de se passar o conhecimento científico.

Os conteúdos de Hidrodinâmica, foram lembrados para os alunos compreenderem o funcionamento físico do proporcionador, e na terceira e última etapa, esses alunos foram mais uma vez submetidos a uma avaliação comparativa para o professor quantificar o aprendizado dos alunos, podendo ainda os corrigir no que fosse preciso. É importante ressaltar que a aplicação desse experimento se deu no mesmo local dos primeiros, porém em outra data, no dia 10/04/2022.

Foi ainda sugerido, neste produto educacional, três experimentos de fácil uso, para aqueles professores que tiverem interesse de aplicar o produto, porém não teria disponibilidade de aplicá-lo num Quartel de Bombeiros.

7.5 — Aplicação do conhecimento

Como última etapa do processo, aqui o professor deve abordar sistematicamente o conteúdo que vem sendo lecionado ao longo de todo trabalho,

visando mensurar e comparar com a situação inicial que lhe deram causa para o estudo. Nesse sentido, Delizoicov e Angotti (1990.^a, p. 31), afirma que:

“Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.”

7.5.1 – A avaliação comparativa

Nesse momento, após todo estudo do conteúdo teórico, através das aulas de Hidrostática e Hidrodinâmica, bem como também o estudo sistemático dos experimentos aqui propostos, foi elaborada uma avaliação comparativa com cinco questões discursivas, onde as três primeiras se trata dos conteúdos técnicos operacionais dos equipamentos do experimento, e as duas últimas questões trata-se do conhecimento físico dos fenômenos envolvidos no funcionamento desses equipamentos. Vale frisar que essas duas últimas questões foram repetidas da avaliação diagnóstica para servir de comparação entre a situação inicial, onde o aluno não havia recebido os conteúdos concernentes à aplicação do experimento, e a situação final onde todo conteúdo já foi recebido pelo aluno.

Espera-se que nesse momento o aluno consiga responder às questões com propriedade e que faça o julgamento delas de maneira correta, demonstrando conhecimento técnico sobre os equipamentos e conhecimento físico apurado sobre o tema em tese.

Esta avaliação foi enviada para os alunos em um formulário Google, onde as respostas eram acessadas posteriormente pelo professor. (ver figura — 37) abaixo.

Segue também um quadro com as cinco questões utilizadas na avaliação diagnóstica e seus respectivos objetivos. (ver quadro — 14).

Figura 37: Formulário de questões da avaliação comparativa (AS).



Avaliação comparativa sobre o aspirador de secreção

Essas perguntas foram feitas para saber qual o nível de aprendizado dos alunos em relação à aula prática.
Essas perguntas serão feitas após a aula prática.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Quadro 14: Quadro das questões comparativas e seus objetivos (AS).

QUESTÃO	OBJETIVO
<u>Questão 1</u> Para que serve o Manômetro?	<i>Essa questão tem o objetivo de analisar o conhecimento teórico do aluno, sobre os equipamentos que compõe os Sistemas de aspiração de secreção.</i>
<u>Questão 2</u> Para que serve o fluxômetro, em que unidade de medida ele é graduado?	<i>Essa questão tem o objetivo de analisar se o aluno, conseguiu afixar o conhecimento sobre os componentes dos Sistemas de aspiração de secreção.</i>
<u>Questão 3</u> Qual a diferença básica entre o sistema de aspiração da VTR e o portátil?	<i>Essa questão tem o objetivo de analisar se o aluno consegue estabelecer relações, encontrando semelhanças e diferenças entre os dois sistemas, o fixo e o portátil.</i>

<u>Questão 4</u> De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? explique.	<i>Comparar com as respostas dadas, pelos alunos, sobre a atuação da pressão atmosférica, em relação ao sistema de aspiração.</i>
<u>Questão 5</u> Explique fisicamente como se dá aspiração de secreção.	<i>Mensurar o conhecimento físico adquirido pelos alunos sobre o funcionamento físico dos sistemas de aspiração de secreção e se foram retiradas todas as concepções espontâneas.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 38: Formulário de questões da avaliação comparativa (PE).



Avaliação comparativa do Proporcionador de espuma

Essas perguntas foram feitas para saber qual o nível de aprendizado dos alunos em relação à aula prática.
Essas perguntas serão feitas após a aula prática.

Quadro 15: Quadro das questões comparativas e seus objetivos(PE)

QUESTÃO	OBJETIVO
<u>Questão 1</u> O que significa, válvula de dosagem no nº 6?	<i>Mensurar se o aprendizado do aluno quanto ao funcionamento dos equipamentos apresentados no 2.º experimento do Produto Educacional.</i>
<u>Questão 2</u> Qual a pressão ideal para a formação de espuma, segundo o MTB-43 de CMB-SP	<i>Analisar se o aluno, foi capaz de afixar o conhecimento sobre os componentes do Proporcionador de Espuma, e estava bem atento a teoria lecionada.</i>
<u>Questão 3</u> Enuncie a sequência correta da montagem do sistema de formação de espuma.	<i>Saber o nível de acomodação do conhecimento, quanto a montagem e funcionamento do 2.º experimento do Produto Educacional.</i>
<u>Questão 4</u> De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? explique	<i>Comparar com as respostas dadas, pelos alunos, anteriormente, sobre a atuação da pressão atmosférica em relação ao Proporcionador de Espuma.</i>
<u>Questão 5</u> Explique fisicamente como se dá a sucção de LGE?	<i>Mensurar o conhecimento físico adquirido pelos alunos sobre o funcionamento físico do Proporcionador de Espuma e se foram retiradas todas as concepções espontâneas.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor — (2022)

8 – Resultados alcançados e discussões

Nesse momento será apresentada uma avaliação de eficácia depois da aplicação da avaliação diagnóstica e avaliação comparativa, observando e mensurando se os resultados alcançaram, total ou parcialmente, os objetivos.

8.1 — Aspiradores de secreção fixo e portátil

Consiste nos dois equipamentos que serão avaliados nos 1.º e 2.º experimentos. Lembrando que ambos serão avaliados juntos, uma vez que a análise dos fenômenos físicos envolvidos em ambos, são os mesmos.

8.1.1 - A análise da avaliação diagnóstica

A análise das questões e das possíveis concepções alternativas se limitaram às questões 4 e 5 da avaliação diagnóstica, uma vez que apenas estas, necessitavam de um conhecimento físico, mais precisamente de Hidrodinâmica.

O quadro abaixo mostra as duas questões avaliadas e seus respectivos objetivos.

Quadro 16: Quadro das questões avaliadas e seus objetivos
“Aspiradores de secreção fixo e portátil (AS)”

QUESTÃO	OBJETIVO
<u>Questão 4</u> De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? Explique.	<i>Mensurar o conhecimento físico dos alunos, sobre a atuação da pressão atmosférica, em relação ao sistema de aspiração.</i>
<u>Questão 5</u> Você sabe como funciona, fisicamente, o aspirador de secreção?	<i>Levantar hipóteses sobre o funcionamento físico do sistema de aspiração de secreção, mensurando o conhecimento físico dos alunos e registrando possíveis concepções espontâneas.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A análise dos resultados obtidos com a aplicação da atividade diagnóstica permitiu identificar os pontos relativos aos conteúdos prévios para a aplicação do produto, nos quais os alunos apresentam maior dificuldade. Esses pontos, certamente, são relevantes para garantir um bom aproveitamento do produto educacional. Além disso, os resultados confirmariam ou não, a necessidade de se trabalhar os conceitos associados a Hidrodinâmica e ao funcionamento dos equipamentos, uma vez que a maioria dos alunos que participaram dessa avaliação diagnóstica, possuíam nível médio técnico, correspondendo assim uma turma de ensino médio. Então, ao submeter os Alunos Bombeiros a essa avaliação seria possível saber se, os alunos já apresentavam conhecimento sobre esses tópicos e estariam isentos de qualquer possibilidade de equívoco ou concepção alternativa.

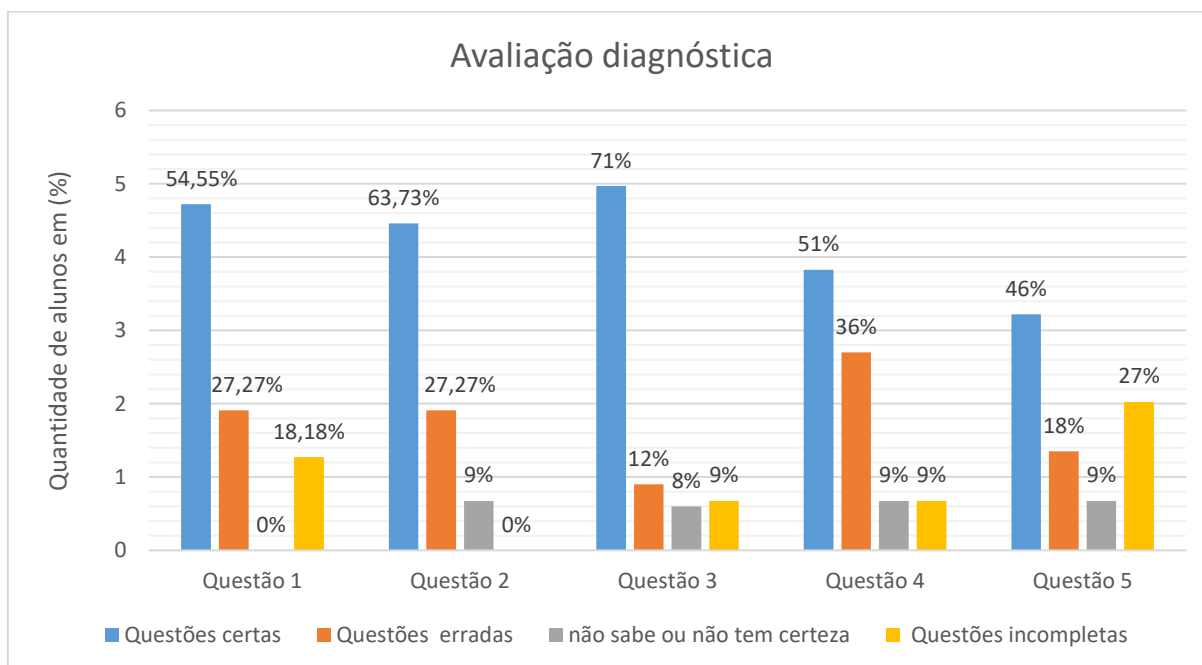
Para se obter essas informações, foi feita uma análise das respostas dadas pelos alunos às questões propostas na avaliação diagnóstica. Ressalta-se ainda que as questões foram todas discursivas e por isso observou-se um índice importante de alunos que responderam não saber ou não ter certeza da resposta, uma vez que escrever uma resposta demanda algum conhecimento do conteúdo, além de, ser avaliado, traz sempre um certo desconforto para o aluno.

É impreterível deixar claro que, foi informado incessantemente aos participantes que seus nomes seriam preservados e que o trabalho seria estatístico, para obter a melhor forma de ensiná-los os conteúdos presentes no Produto Educacional.

Os resultados obtidos dos alunos participantes estão demonstrados no gráfico a seguir de forma que a resposta correta de cada questão está indicada no eixo horizontal juntamente com a indicação do número da questão.

8.1.2 - A análise dos resultados da avaliação diagnóstica (AS) “Quadro — 16”.

Gráfico — 1: Análise das respostas da avaliação diagnóstica (AS)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A análise diagnóstica apresentada na seção anterior deixou claro que existe uma fragilidade relativa ao domínio dos conteúdos prévios para a assimilação dos novos conceitos apresentados no produto educacional na turma toda.

O diagnóstico prévio permitiu determinar que o ponto de partida para a possível aplicação do produto educacional seria do básico, ao ficar evidente que todos necessitavam da ministração do conhecimento, devido ao fato dos conteúdos apresentados serem de Hidrodinâmica, e por causar disto, acarretar uma certa dificuldade no entendimento, uma vez que não se tratou deste conteúdo no ensino médio. Os alunos, engenheiros, justificaram esquecimento, pois havia bastante tempo que viram o conteúdo em questão, sobretudo aplicado ao serviço de Bombeiros.

O resultado das pesquisas, deixou evidente que os alunos possuíam um certo conhecimento nas questões relacionadas aos equipamentos operacionais utilizados na ambulância (VTR UR-13), porém com relação às questões envolvendo conhecimentos de Física, os alunos demonstraram um desconhecimento importante, isso ficou demonstrado na porcentagem mais baixa de acertos nas duas últimas

questões diagnósticas, com 51% e 54% em média, as quais tratavam de conceitos físicos aplicados aos equipamentos operacionais (ver gráfico — 1).

Segue abaixo algumas perguntas com respostas dos alunos:

Questão 4

— “De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? explique”.

Questão 5

— “Explique fisicamente como se dá aspiração de secreção”.

Obtivemos respostas a essas questões como:

Questão 4

Aluno 1: “Como existem diferentes densidades, ocorre a facilidade ou dificuldade no processo de aspiração!”.

Aluno 2: “A pressão interfere no sentido de deslocar a massa de ar!”.

Questão 5

Aluno 1: “Acho que a secreção que se apresenta menos densa que o composto presente no reservatório faz com que aconteça a aspiração”!

Aluno 2: “Ao tirar o ar de dentro da mangueira de aspiração, o fluido passa do ambiente de maior pressão para o de menor”!

Nas respostas acima, dadas pelos alunos, fica evidente a fragilidade no conhecimento científico, demonstrando uma certa confusão nos conceitos físicos. Fica claro o entendimento equivocado dos alunos, quando nas respostas, passam a ideia de que a densidade da secreção é que determinará se ela será deslocada ou não para o frasco, e baseado na explicação física do experimento sabemos que isso não é verdade.

Em relação às questões com conhecimentos apenas dos equipamentos utilizados na Ambulância (VTR UR-13), utilizadas em Socorros de Urgência, o percentual de acertos foi bem maior com 63%, 55% e 80% de acerto, demonstrando uma necessidade da aplicação do Produto Educacional por completo, tendo sempre o cuidado de passar todo conhecimento necessário para o entendimento do próximo

experimento e para que, na avaliação, esses alunos tenham um melhor aproveitamento.

Na etapa seguinte, o professor receberá as respostas das questões diagnósticas e lecionará as aulas buscando, a todo tempo, retirar as dúvidas e as concepções espontâneas dos alunos, preparando-os para a próxima etapa. Lembrando que os alunos, que nesta ocasião, eram alunos bombeiros que estavam em estágio supervisionado no quartel de Parnamirim-RN, (1.º SGB do 2.º GBM). Esses alunos responderam às perguntas voluntariamente e sem a necessidade de se identificar. (Ver figura — 39).

Figura 39: Alunos respondendo à avaliação diagnóstica



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

8.1.3 - A análise da avaliação comparativa (AS).

As questões comparativas, foram elaboradas para relacionar as respostas obtidas na avaliação diagnóstica com as respostas obtidas na avaliação comparativa. Com isso o professor poderia observar se os conhecimentos repassados aos alunos alcançaram seu objetivo.

Para a avaliação comparativa foram retiradas as questões 4 e 5 da avaliação diagnóstica, uma vez que apenas estas, necessitavam de um conhecimento físico, mais precisamente de Hidrodinâmica.

O quadro a seguir (ver quadro — 17), mostra as duas questões avaliadas e seus respectivos objetivos.

Quadro 17: Quadro das questões avaliadas e seus objetivos
“Aspiradores de secreção fixo e portátil (AS)”

QUESTÃO	OBJETIVO
<u>Questão 4</u> De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? explique.	<i>Comparar com as respostas dadas, pelos alunos, sobre a atuação da pressão atmosférica, em relação ao sistema de aspiração.</i>
<u>Questão 5</u> Explique fisicamente como se dá aspiração de secreção.	<i>Mensurar o conhecimento físico adquirido pelos alunos sobre o funcionamento físico dos sistemas de aspiração de secreção e se foram retiradas todas as concepções espontâneas.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A avaliação foi aplicada ao final de uma aula para diagnosticar pontualmente se o aluno compreendeu o conteúdo lecionado naquele dia. Se trata de uma forma de comparar o aprendizado que o aluno tinha antes com o que ele adquiriu após a aula. Ao contrário da avaliação diagnóstica, por exemplo, aqui o desejado é que o aluno apresente domínio do conteúdo.

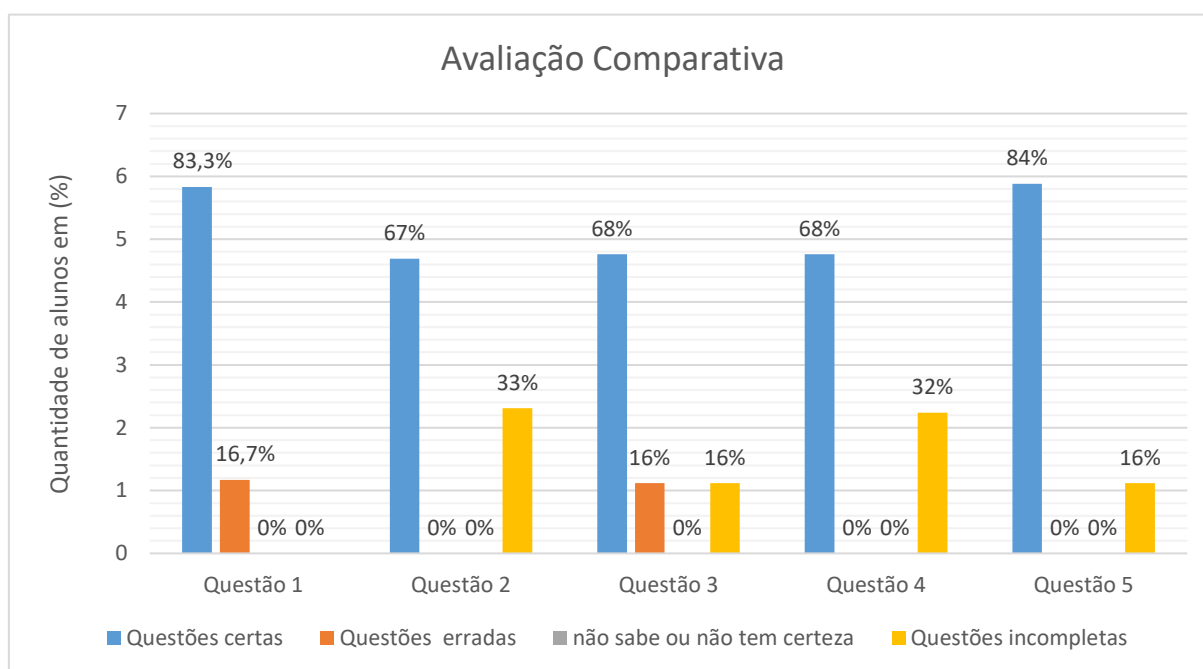
Nesta avaliação, foi verificado se o aluno, após recebido todo conhecimento necessário, sobre os equipamentos que compõe o Sistema de secreção fixo na régua de gases da (VTR UR-13), e sobre o Sistema de aspiração portátil, conseguiu responder às questões relacionadas ao conteúdo ministrado, e se foi capaz de responder, com propriedade, as questões relativas ao conhecimento físico dos equipamentos.

Para isto, foram elaboradas cinco questões discursivas sobre os dois experimentos aplicados, o **Sistema de aspiração de secreção** fixo e o portátil. As questões foram para os dois experimentos, uma vez que possuem as mesmas explicações físicas, diferindo apenas em alguns componentes operacionais. Vale ressaltar, que foram repetidas as questões 3 e 4 da **Avaliação Diagnóstica** para

efeito de comparação, ou seja, para os alunos poderem reavaliar suas respostas dadas anteriormente.

8.1.4 - A análise dos resultados da avaliação comparativa (AS) “Quadro — 17”

Gráfico — 2: Análise das respostas da avaliação comparativa (AS)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Observou-se que os alunos conseguiam, agora, analisar e concluir corretamente a solução das questões. Após, a apresentação dos equipamentos e a demonstração do seu funcionamento, ficou muito claro, na pesquisa feita, demonstrada no gráfico 2, que a acomodação do conhecimento foi alcançada.

Como pode se observar, os alunos aumentaram a sua margem de acertos, aproximadamente, de 57% para 74%, já a média de erros caiu, aproximadamente, de 24% para 6,5%, demonstrando um avanço considerável no conhecimento dos alunos no geral. Vale ressaltar que houve um aumento aproximado de 12% para 19%, em média, de respostas de questões incompletas, isso se deve ao fato de as questões serem todas discursivas e dos alunos estarem mais confiantes em tentar responder, ao menos, parte das questões, algo que, na avaliação diagnósticas, cometiam erros ou respondiam, não sei ou não tenho certeza. (ver gráfico — 2).

Percebe-se que os alunos estavam mais confiantes em responder às questões, isto fica evidente no segundo gráfico, por não haver respostas “não sabe ou não tem certeza” presentes nas avaliações tanto diagnóstica quanto comparativa.

Foi observado ainda que, em se tratando do conhecimento físico dos alunos, em relação aos experimentos 1 e 2 do Produto Educacional, o índice percentual de acertos da avaliação comparativa em relação à avaliação diagnóstica, foi ainda maior, com um aumento percentual de 48,5% para 76%, demonstrando que os alunos absorveram muito bem as aplicações práticas do Princípio de Bernoulli e do Tubo de Venturi. Segue abaixo algumas perguntas com respostas dos alunos:

— “Para que serve o Manômetro?”

— “De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? explique”.

— “Explique fisicamente como se dá aspiração de secreção”.

Obtivemos respostas a essas questões como.

Questão 1

Aluno 1: “Para medir a pressão de um fluido!”.

Aluno 2: “Serve para medir a pressão interna de um gás, no cilindro!”.

Questão 2

Aluno 1: “É a pressão atmosférica que exerce a pressão (empurra) as secreções para dentro da mangueira e conseqüentemente para o frasco de polycarbonato, porque a válvula de Venturi gera uma região de baixa pressão (menor que a pressão atmosférica)”.

Aluno 2: “o fluido ao passar pela região mais estreita, gera uma pressão menor que atmosférica e ela empurra a secreção para o frasco”.

Questão 3

Aluno 1: “O local por onde passa o oxigênio, aumentando a velocidade do fluido e criando uma pressão negativa nesse local, dessa forma o líquido sai do ambiente de maior pressão em direção ao interior do reservatório”.

Aluno 2: “Fisicamente, o processo de aspiração funciona pelo Princípio de Bernoulli da mecânica dos fluidos, onde a válvula de gás contém um tubo de Venturi, que pega

a variação da pressão durante a passagem deste gás, por um tubo de seção mais larga de depois por outra seção mais estreita, e o gás ao passar por esta seção mais estreita, cria-se ali uma pressão menor que a pressão atmosférica, promovendo a sucção da secreção na extremidade da mangueira”.

É perceptível que essas respostas que surgiram após as aulas, demonstram uma certa familiaridade dos alunos em utilizar os equipamentos, bem como em explicar o funcionamento físico deles, demonstrando que os conteúdos foram muito bem assimilados pelos alunos.

8.2 — Proporcionador de espuma

Este equipamento é instrumento principal de um sistema formador de espuma, onde ao aspirar o LGE (líquido gerador de espuma) mistura-o a água formando um material extintor poderoso, o qual é a espuma.

8.2.1 - A análise da avaliação diagnóstica

As questões avaliadas em relação à avaliação diagnóstica, limitaram-se às questões 4 e 5, tendo em vista que só apenas estas, tratava-se de conhecimento físico, com necessidade de um conhecimento básico das leis e princípio da Hidrodinâmica.

O quadro abaixo mostra as duas questões avaliadas e seus respectivos objetivos.

Quadro 18 — Quadro das questões avaliadas e seus objetivos
“proporcionador de espuma (PE)”

QUESTÃO	OBJETIVO
<u>Questão 4</u> De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? explique	<i>Mensurar o conhecimento físico dos alunos, sobre a atuação da pressão atmosférica, em relação ao sistema de formação de espuma do caminhão de incêndio.</i>
<u>Questão 5</u>	<i>Levantar hipóteses sobre o funcionamento físico do sistema de formação de espuma do caminhão de</i>

Explique fisicamente como se dar a sucção do LGE.	<i>incêndio, mensurando o conhecimento físico dos alunos e registrando possíveis concepções espontâneas.</i>
---	---

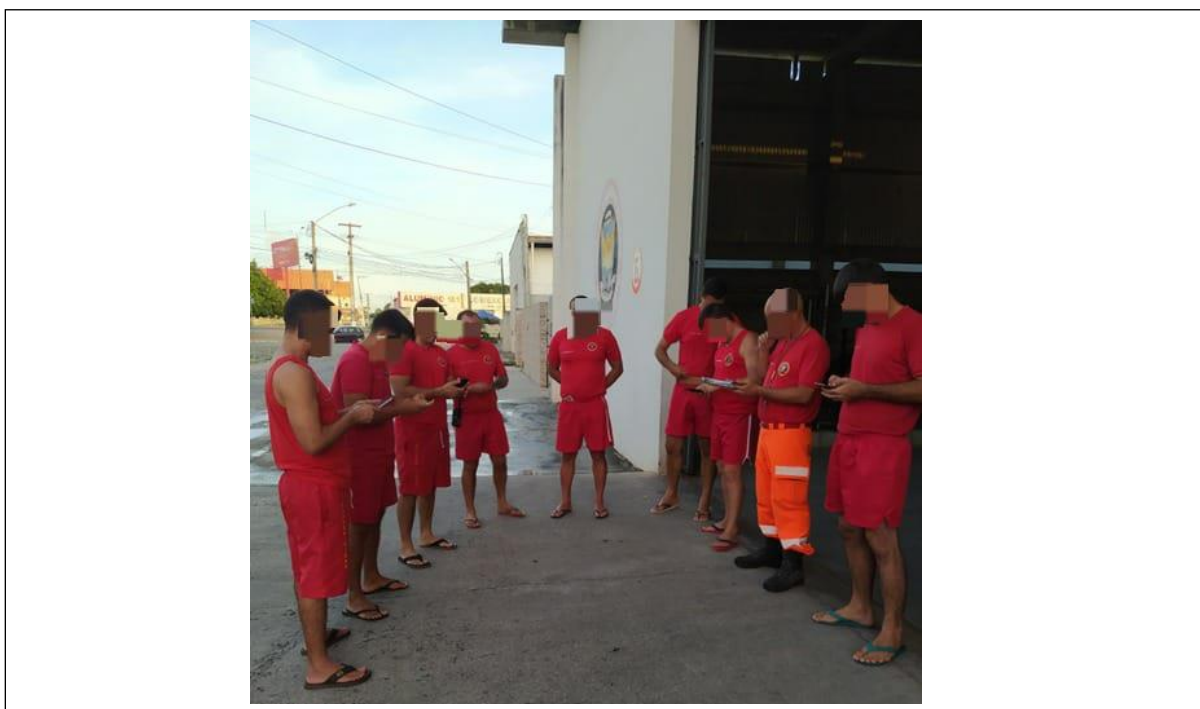
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Ao analisar a avaliação diagnóstica referente ao Proporcionador de Espuma, pude perceber que os alunos possuíam um certo conhecimento dos conteúdos referentes aos equipamentos que compõem o sistema de formação de espuma do caminhão de incêndio (VTR ABTS — 09), uma vez que já haviam tido a disciplina no curso de formação sobre combate a incêndio, porém demonstraram uma certa fragilidade nos conhecimentos prévios sobre o formato do Proporcionador de Espuma que remete ao conhecimento físico dos equipamentos, deixando uma lacuna a ser preenchida na aplicação do Produto Educacional.

Essa atividade diagnóstica, foi de grande valia porque nos permitiu identificar os pontos relativos aos conteúdos prévios nos quais os alunos apresentam maior dificuldade.

Abaixo, vemos os alunos compenetrados, respondendo à avaliação diagnóstica referente ao 3.º experimento.

Figura 40: Alunos respondendo à avaliação diagnóstica do 3.º experimento “proporcionador de espuma (PE)”



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

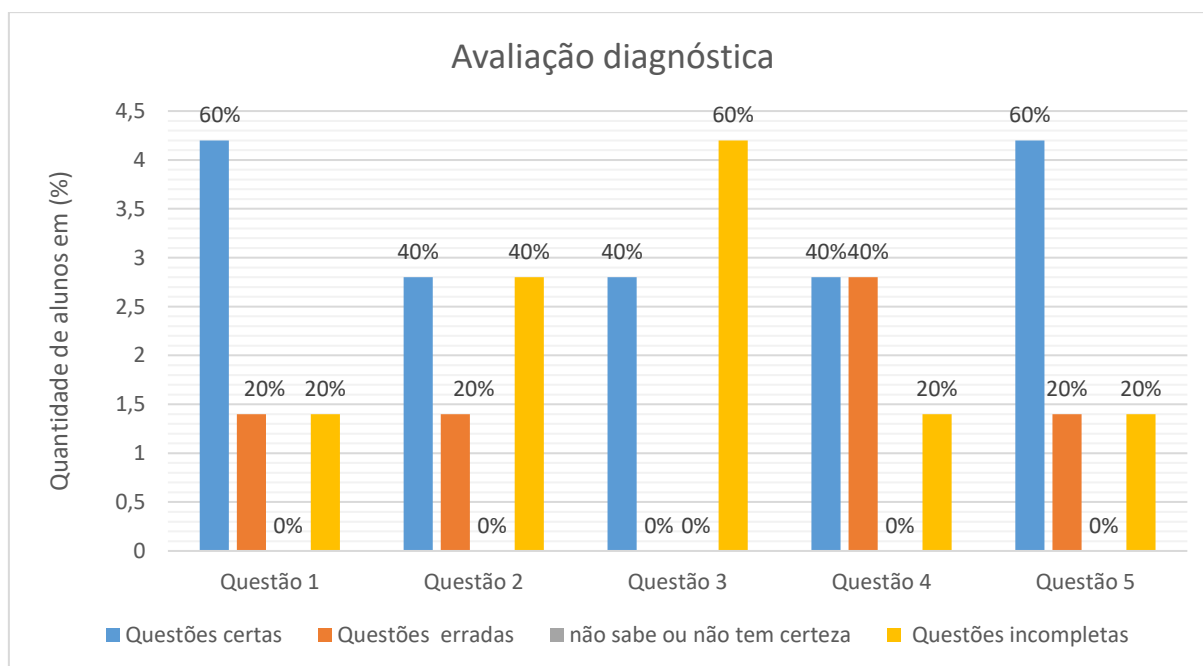
Para obtermos as informações necessárias, foi feita uma análise das respostas dadas pelos alunos às questões propostas na avaliação diagnóstica. Ressalta-se ainda que as questões foram todas discursivas com quatro formas de análises que são: questões certas, questões erradas, não sabe ou não tem certeza e questões incompletas.

É importante informar que os alunos participaram voluntariamente e que seus nomes foram preservados, porém, as imagens aqui colocadas foram devidamente autorizadas pelos envolvidos.

Os resultados obtidos dos alunos participantes estão demonstrados no gráfico a seguir (ver quadro — 3), de forma que a resposta correta de cada questão está indicada no eixo horizontal juntamente com a indicação do número dela.

8.2.2 - A análise dos resultados da avaliação diagnóstica (PE)

Gráfico — 3: Análise das respostas da avaliação diagnóstica (PE)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Ao analisar os resultados da avaliação diagnóstica, (ver gráfico — 3) pude perceber que existe uma deficiência relativa ao domínio de alguns conteúdos prévios para a assimilação dos novos conceitos apresentados no próximo experimento do Produto Educacional, o qual é o **Proporcionador de Espuma**, apesar

de, essa deficiência, se apresentar menor em relação **Aspiradores de Secreção**, na primeira questão, porém em relação às outras questões o índice de acertos foi bastante baixo.

Neste diagnóstico prévio, pode-se perceber que mesmo os alunos com algum conhecimento dos equipamentos mostrados, ainda assim possuíam lacunas no conhecimento do seu funcionamento e na montagem dos sistemas, isso se deve ao fato dos novos sistemas de formação de espuma, serem internos ao caminhão e não portáteis como o que foi apresentado nesse Produto Educacional.

O resultado da pesquisa, deixaram evidente que os alunos perceberam que os princípios físicos envolvidos, eram os mesmos dos Sistemas de Aspiração de Secreção e por isso, houve um aumento considerável no índice de acertos em relação aos primeiros experimentos do Produto Educacional, principalmente em relação à última questão, que perguntava como se dava a sucção do LGE pelo sistema formador de espuma. Seguem algumas perguntas e respostas das pelos alunos:

Questão 4

— “De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? explique”.

Questão 5

— “Explique fisicamente como se dá a sucção do LGE”.

Obtivemos respostas a essas questões como:

Questão 4

Aluno 1: “Através do ar que entra pelas aberturas do tubo ventura efetuando a mistura água-LGE-ar!”

Aluno 2: “Gerando uma diferença de pressão!”.

Questão 5

Aluno 1: “Quando a água passa pela parte baixa do proporcionador (fina) aumenta a velocidade da água e com isso aumenta também a pressão, essa pressão suga o líquido ganhando da pressão atmosférica!”

Aluno 2: “A água é empurrada pela bomba em alta pressão passando pela parte estreita a pressão é ainda maior fazendo o arrasto do LGE ocorrendo a mistura da proporção correta de espuma gerada”!

Pode-se perceber, nas respostas dadas pelos alunos, que ainda persiste uma dificuldade no entendimento dos conceitos físicos relacionados ao experimento, mesmo percebendo que os experimentos anteriores se tratava dos mesmos princípios físicos. Fica latente na resposta do aluno 1, em relação à questão 1 que ele não conseguiu perceber que não é o ar que empurra o LGE, e sim a pressão atmosférica, já o aluno 2 não conseguiu se expressar com clareza respondendo que seria a pressão atmosférica que criaria a diferença de pressão, quando, na verdade, é a velocidade da água ao passar por uma região de área menor que cria uma pressão menor que a pressão atmosférica e faz com que ela empurre o LGE para dentro do proporcionador de espuma.

Na segunda questão, as respostas dos alunos foram carregadas de concepções espontâneas, quando o aluno 1 responde que a água ao passar pela parte abaixo (região de menor área), a velocidade da água é maior ocasionando uma maior pressão. Fica muito claro que o pensamento é igual ao da maioria das pessoas. Dificilmente alguém que não tivesse o conhecimento de Hidrodinâmica, pensaria diferente.

Quanto ao aluno 2, o pensamento é semelhante ao aluno 1, quando ele, em sua resposta, diz que a água é empurrada pela bomba, em alta pressão e essa água passa na região estreita (menor área) com uma alta velocidade, aumentando ainda mais a pressão naquele ponto e essa maior pressão é responsável por fazer o arrasto do LGE, ocorrendo a mistura.

Ficou claro nas pesquisas demonstradas anteriormente (ver gráfico — 3), e nas respostas dos alunos que, mesmo havendo uma sensível melhora em algumas questões, no geral, houve queda nos índices de acertos em relação às questões diagnóstica dos experimentos de aspiração de secreção, que foi de 65% para 50%. Isso nos informa que há uma necessidade clara, de que esse próximo experimento precisa ser amplamente debatido e minuciosamente explicado, inclusive seu funcionamento físico, para os alunos terem todas as suas dúvidas sanadas e suas concepções alternativas retiradas.

Na etapa seguinte, o professor receberá as respostas das questões diagnósticas e lecionará as aulas buscando, a todo tempo, retirar as dúvidas e as concepções espontâneas dos alunos, preparando-os para a próxima etapa. Frisando que os alunos, que nesta ocasião, eram alunos bombeiros que estavam em estágio supervisionado no quartel de Parnamirim-RN, (1.º SGB do 2.º GBM). Esses alunos responderam às perguntas voluntariamente e sem a necessidade de se identificar.

Na última aula, o professor fará as suas considerações finais, destacará os pontos positivos e negativos e fará observações em pontos que podem ser melhorados. Por fim disponibilizará um formulário onde conterà perguntas que podem trazer melhorias e sugestões, por parte dos alunos, para as próximas turmas que passarão por este aprendizado.

8.2.3 – A análise da avaliação comparativa (PE)

Com os resultados da avaliação diagnóstica e tendo os alunos, recebido todo conteúdo relacionado ao terceiro experimento deste Produto Educacional, foi aplicada a avaliação comparativa.

Essa, a avaliação, é uma forma de comparar o aprendizado que o aluno tinha antes com o que ele adquiriu após as aulas, aqui, espera-se que o aluno apresente domínio completo dos conteúdos que foram ministrados, diferentemente da avaliação diagnóstica que consiste numa investigação dos conhecimentos prévios dos alunos.

Nessa avaliação verificou-se que aluno, após recebido todo conhecimento necessário sobre os equipamentos que compõe o sistema de formação de espuma no caminhão de incêndio (VTR ABTS-09) e o funcionamento físico dele, conseguiu responder às questões relacionadas ao conteúdo ministrado. Vale ressaltar que foram repetidas as questões 3 e 4 da **Avaliação Diagnóstica** para efeito de comparação, e para os alunos poderem reavaliar suas respostas, dadas anteriormente.

No quadro 19, temos as questões 4 e 5 com seus respectivos objetivos.

Quadro 19 — Quadro das questões avaliadas e seus objetivos (PE)

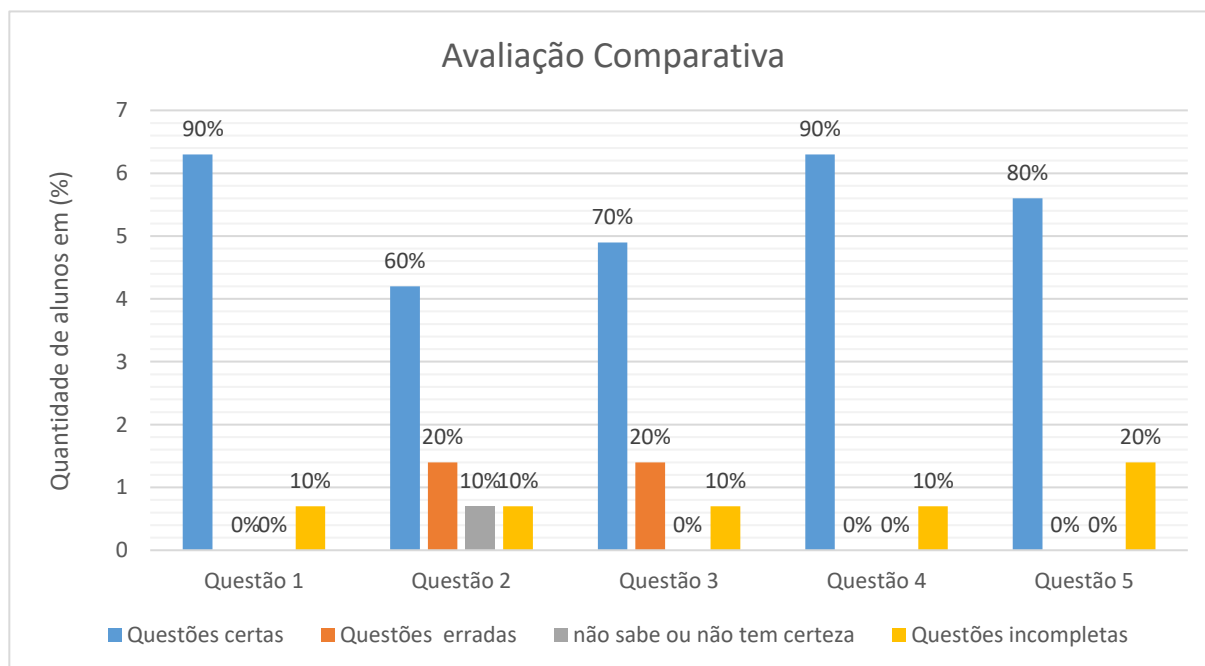
QUESTÃO	OBJETIVO
<u>Questão 4</u> De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? explique	<i>Comparar com as respostas dadas, pelos alunos, anteriormente, sobre a atuação da pressão atmosférica em relação ao Proporcionador de Espuma.</i>
<u>Questão 5</u> Explique fisicamente como se dá a sucção de LGE?	<i>Mensurar o conhecimento físico adquirido pelos alunos sobre o funcionamento físico do Proporcionador de Espuma e se foram retiradas todas as concepções espontâneas.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Após a aplicação das questões comparativas, foi elaborado um gráfico com informações sobre o desempenho dos alunos nas cinco questões propostas a eles.

8.2.4 - A análise dos resultados da avaliação comparativa (PE)

Gráfico 04: Análise das respostas da avaliação comparativa (PE)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

As cinco questões discursivas foram elaboradas com o intuito de analisar melhor a capacidade de argumentação dos alunos, sua capacidade de descrever o funcionamento dos equipamentos, fazer comparações com experimentos físicos do dia a dia, e descrever, com propriedade, os fenômenos físicos envolvidos no experimento. Vale ressaltar que, a avaliação não se destina apenas a colher as informações concernentes ao conhecimento físico dos alunos, mas também, se esses alunos adquiriram o conhecimento operacional dos equipamentos a eles apresentados, uma vez que o experimento foi aplicado aos alunos bombeiros, e eles, após formados, estariam com os equipamentos operacionais à sua disposição para trabalhar nas demais ocorrências que viriam no decorrer de sua carreira.

Após análises, ficou evidente que os alunos, agora, conseguiam compreender e concluir corretamente as questões a eles propostas, escrevendo o passo a passo da conexão de cada componente do sistema de formação de espuma, bem como de descrever, com sapiência, os princípios físicos envolvidos no experimento proporcionado de espuma.

A pesquisa, deixou clara, que com todo conhecimento teórico adquirido e as práticas realizadas, os alunos conseguiram demonstrar acomodação do conhecimento, mostrando que, aliar teoria à prática é uma forma extremamente eficiente de promover educação à sociedade.

Pode-se observar que os alunos aumentaram bastante sua margem de acertos em relação à avaliação diagnóstica desse mesmo experimento, e isso fica latente, com os dados apresentados no gráfico acima, onde o índice de acertos subiu de 48% para 78%, em média, os índices de erros caíram de 20% para 8% em média, os índices das questões respondidas incompletamente caíram de 32% para 12%, em média, porém o índice de questões respondidas como, não sei ou não tenho certeza, aumentou de 10%, já que na avaliação diagnóstica foi 0%, isso pode ter como causa o medo ou vergonha do aluno, mesmo após ter recebido as aulas, ainda arriscar errar a questão e isso pode ter levado a esse índice de alunos a responder que não tinha certeza da resposta, mas a maior probabilidade de esse índice ter aumentado, é que a questão onde o índice de erros aumentou, foi a questão 2 que não era igual à questão 2 da avaliação diagnóstica e requeria um conhecimento muito específico do equipamento, informação que está no (MTB — 32) Manual técnico de Bombeiros de São Paulo.

Seguem algumas perguntas seguidas das respostas de dois alunos:

Questão 4

— “De que forma a pressão atmosférica interfere no processo? explique”.

Questão 5

— “Explique fisicamente como se dá a sucção de LGE”?

Obtivemos respostas a essas questões como.

Questão 4

Aluno 1: “Quando ocorre a diminuição da pressão no sistema, devido à passagem da água em alta velocidade, a pressão atmosférica se torna maior, assim o LGE entra no sistema”.

Aluno 2: “o fluido ao passar pela região mais estreita, gera uma pressão menor que atmosférica e ela empurra o LGE para se misturar com a água”.

Questão 5

Aluno 1: “O local por onde passa a água, é reduzido em um ponto do proporcionador, aumentando a velocidade da água e criando uma pressão negativa nesse local, dessa forma o LGE é sugado para se misturar à água formando a espuma.

Aluno 2: “através da diminuição do diâmetro, no Proporcionado de Espuma, ocasionando uma redução de pressão no ponto, isso faz a pressão atmosférica empurra o LGE para o sistema.”

Considera-se que essas respostas que surgiram após as aulas, demonstram que os alunos conseguiram concluir com clareza e corretamente, todas as questões propostas anteriormente. Vale ressaltar que o aluno 1 e 2 responderam às questões 4 e 5 com muita propriedade, diferentemente na avaliação diagnóstica. Isso mostra que as concepções espontâneas foram vencidas e deram lugar ao conhecimento científico.

Conclui-se que, a teoria aliada a prática promove um conhecimento muito mais sólido e duradouro, e o aprendizado carregado de significado promove milagres.

9 – Considerações finais

A educação, no sentido mais amplo da palavra, é o processo de socialização dos indivíduos, de modo geral, ela prepara o ser humano para o desenvolvimento de suas atividades no percurso da sua vida. Nesse sentido faz-se necessário uma educação que possa dar suporte em vários aspectos ao longo da vida, sejam eles, econômicos, sociais, científicos e tecnológicos, impostos por um mundo globalizado. Sendo assim, a educação é condição primordial para o ser humano usufruir dos outros direitos constituídos em uma sociedade democrática.

No mundo globalizado, a educação exige uma concepção mais ampliada, rompendo com o tradicionalismo de como se ensina e aprende e transpondo as paredes da sala de aula. E é por isso que não se pode descartar a educação informal e não formal no processo ensino-aprendizagem. Com isso, o trabalho se propõe a definir os três tipos de educação, as quais são: educação formal, educação-não formal e educação informal, porém utilizou-se, neste trabalho, educação não formal, a qual se destina a utilizar os conteúdos dados em sala de aula, fora das dependências da escola, como em um quartel do Corpo de Bombeiros Militar.

É nessa perspectiva que se explicita a relevância do presente trabalho, pois a decisão por discutir e propor uma abordagem desse tema no ensino médio, o qual traz o aluno para fora das dependências da escola e o faz enxergar os fenômenos físicos abordados em sala, no funcionamento de equipamentos frequentemente utilizados por profissionais que eles possivelmente não tem contato diário, é de extrema importância.

Esse trabalho surgiu de uma preocupação, no sentido de propiciar o acesso ao conhecimento do conteúdo de Hidrodinâmica abordado em um espaço não formal de ensino. É importante salientar que este conteúdo não é abordado no ensino médio, porém levanta muitos questionamentos por parte dos alunos uma vez que existem uma variedade de fenômenos e indagações que só podem ser respondidas à luz da Hidrodinâmica, logo gera a estruturação de concepções espontâneas, alheias àquelas aceitas pela comunidade científica.

A análise dos livros de física utilizados, tanto os de ensino médio como os de ensino superior, foi criteriosa, observando-se cada ponto de semelhança e diferença entre eles e o livro abordado no trabalho. No geral, os livros didáticos procuram abordar o tema superficialmente, com aplicações matemáticas simples e de fácil

compreensão, porém os livros de ensino superior, em especial o de Sears e Zemansky, abordaram o tema com maior complexidade, inclusive matematicamente.

O produto educacional, foi um livro elaborado com conteúdo teórico de Hidrostática, uma vez que, seria necessário revisar ou aproveitar o momento em que esse conteúdo deveria estar sendo lecionado na escola. E o conteúdo de Hidrodinâmica, o qual não faz parte do programa de conteúdos abordados no ensino médio.

Na sequência, os experimentos de fácil uso abordavam o tema com três experimentos, todos com sugestões de avaliações diagnósticas e avaliações comparativas. Esses experimentos, são sugestões aos professores que, porventura, não conseguiram ou optaram por aplicar o produto em sala de aula.

Concluindo o produto, têm-se os experimentos principais, os quais associam uma aula em um espaço não-formal de ensino ao estudo dos fenômenos da Hidrodinâmica com experimentos não convencionais para a maioria da população, uma vez que são equipamentos utilizados por profissionais Bombeiros Militares. Com isso os alunos, que participaram, aproveitaram a oportunidade de um aprendizado completo.

O trabalho foi pautado na metodologia de ensino baseado nos três momentos pedagógicos de DELIZOICOV E ANGOTTI, a qual se divide em: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Na primeira parte, foi proposta sugestão de avaliações diagnósticas com duas questões, referente aos experimentos de fácil uso, suggestionado aos professores que optem a aplicar o produto em sala de aula, e para os experimentos principais, foram elaboradas avaliações diagnósticas com cinco questões discursivas. Já na segunda etapa foram lecionadas as aulas com o uso dos experimentos, abordando sistematicamente o tema com o objetivo de não deixar dúvidas sobre o conteúdo. E na terceira etapa foi elaborada uma avaliação comparativa, para os experimentos principais, com as duas últimas questões da avaliação diagnóstica repetidas, para efeito de comparação e coleta dos dados.

A avaliação dos resultados trouxeram informações importantes, após a avaliação diagnóstica aplicadas nos dois primeiros experimentos principais, o qual são o aspirador de secreção fixo e portátil, ficou evidente que houveram algumas respostas carregadas de concepções espontâneas, principalmente nas questões que

abordaram conhecimento físico de Hidrodinâmica, mostrando uma fragilidade no conhecimento científico dos alunos e alertando o professor que necessitaria de uma sistemática e consistente abordagem sobre o tema nas aulas que se seguiram.

Após as aulas teóricas lecionadas, e a aplicação do produto, com a apresentação, montagem e manipulação dos equipamentos e explicação dos fenômenos físicos associados aos experimentos, foi elaborada uma avaliação comparativa, para reavaliar o aluno se este ainda apresentava alguma dificuldade de interpretação dos fenômenos físicos, tanto os presentes nos experimentos quanto os que surgissem no dia a dia.

Após análises dos dados e elaboração de gráficos, ficou constatado que os alunos após todo conhecimento adquirido com as aulas teóricas e a aplicação de todos os experimentos, consolidaram seu aprendizado, uma vez que suas respostas, agora, condiziam com o conteúdo científico, não possuindo mais, concepções alternativas e apresentando fuga da ciência, como apresentada na avaliação diagnóstica. Isso só vem demonstrar que o trabalho foi bem realizado e o seu objetivo maior foi alcançado, que o aprendizado sólido e completo dos alunos.

Para trabalhos vindouros, sugeriu-se uma avaliação dos conteúdos abordados comparando os resultados obtidos entre uma abordagem baseada no ensino mais tradicional e abordagem sugerida neste trabalho, com o uso dos experimentos aqui descritos em um espaço não formal de aprendizagem. Assim, pode-se ter uma comprovação numérica, quantitativa, da validade da proposição heurística numa perspectiva baseada no conflito cognitivo para conseguir uma maior motivação e eficiência na aprendizagem ativa do aluno.

A construção desse trabalho permitiu observar o quanto o ensino de física, com o uso experimentos aplicados em um espaço não formal de aprendizagem, pode ser além de prazerosa, onipresente, pois era perceptível o envolvimento e o entusiasmo dos alunos que participaram, pois mesmo sendo profissionais da área, nunca observaram os equipamentos operacionais pela óptica da física. Isto deixa claro que, para professores que se interessarem em aplicar esse material nas suas aulas e poder levar seus alunos a um quartel do Corpo de Bombeiros, será mais que bem-vindo, promoverá aos seus alunos uma educação completa, como disse Gohn “A educação não formal é voltada para o ser humano na totalidade”.

Referências

ATÉ HOJE NÃO SEI COMO FIZ AQUELE GOL': **O DIA EM QUE ROBERTO CARLOS ACERTOU O CHUTE QUE DESAFIOU A FÍSICA**: ESPN, Disponível em: https://www.espn.com.br/historias-da-bola/artigo/_/id/6842209/ate-hoje-nao-sei-como-fiz-aquele-gol-dia-roberto-carlos-acertou-chute-que-desafiou-fisica. Acesso em 20 de novembro de 2021.

BRENNAN, Richard P. **Gigantes da física**: uma história da física moderna através de oito biografias. Rio de Janeiro: Zahar (Ciência e Cultura), 2000.

CASCAIS, MGA, & TERÁN, AF. **Educação formal, informal e não formal na educação em ciências**: contribuições dos diversos espaços educativos. 2011. Artigo Científico.

CASCAIS, MGA, & TERÁN, AF. **Educação formal, informal e não formal na educação em ciências**. ciência em Tela, 2014.

COMO CITAR A CONSTITUIÇÃO FEDERAL: Normas ABNT, trabalhos e TCC: Dicas de citação da Constituição Federal, Disponível em: <https://projetoacademico.com.br/citar-constituicao-federal/>. Acesso em 10 de dezembro de 2021.

COLETÂNEA DE MANUAIS TÉCNICOS DO CORPO DE BOMBEIROS: AZEVEDO, Marcelo et al. **Emprego de espuma mecânica no combate a incêndios**: PMESP, 2006.

COLETÂNEA DE MANUAIS TÉCNICOS DO CORPO DE BOMBEIROS: MAGOSSO, Sandro et al. **Emprego de mangueiras, esguichos e acessórios hidráulicos**: PMESP, 2006.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, Demétrio. **Problema e problematização**. São Paulo: Cortez, 1991.

FW Sears, MW Zemansky, HD Young, RA Freedman. **Física**. 12. ed. v.2. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

DOCA, Ricardo Helou, BISCUOLA, Gualter José e VILLAS BÔAS, Newton, **Tópicos de Física**. 21. ed. — São Paulo: Saraiva, 2012.

D Halliday, R Resnick, J Walker, **Fundamentos da física**. — 10.^a edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2016

EQUAÇÃO da continuidade. **Mundo educação**, 2002. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/equacao-continuidade.htm>. Acesso em 10 de novembro de 2021.

GADOTTI, Moacir — **A escola e o professor: Paulo Freire e a paixão de ensinar**. 1. Ed. São Paulo: Publisher Brasil, 2007

GADOTTI, Moacir - **Educação e poder: introdução a pedagogia do conflito**. 1. Ed. São Paulo: Cortez, 2005

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 2. ed. São Paulo: Editora Ática, 2013

GOHN, Marília da Glória Marcondes. **educação não-formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas**. v.14, n.50, p. 27-38, Rio de Janeiro: 2006. Artigo Científico.

GOHN, Marília da Glória Marcondes. **Novas teorias dos movimentos sociais**, São Paulo: Edições Loyola, 2008.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. **Como a bola de futebol faz curva?** . Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/equacao-continuidade.htm>. Acesso em 20 de novembro de 2021.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. **Equação da continuidade**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/equacao-continuidade.htm>. Acesso em 30 de dezembro de 2021.

MANUAL PARA ELABORAÇÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS, 23. Ed. Rio Grande do Sul: UNISINOS, 2021.

RAMALHO Júnior, Francisco. **Os Fundamentos da Física**/Francisco Ramalho Júnior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Sores - 10. ed. — São Paulo : Moderna, 2009.

RASIA, Carlos Alberto, BARROS, Cláudio Caetano e MARCELINO, Sílvio Cláudio, **M 326 Manual de Atendimento Pré-hospitalar**, Brasília: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2007.

SD Vasconcelos, E Souto - **Ciência & Educação (Bauru)**. Volume 9. Bauru - SP – Brasil: SciELO Brasil, 2003

V Vieira, ML Bianconi, **M Dias Ciência e Cultura**, 2005. Artigo científico.

SD Vasconcelos, E Souto - **Ciência & Educação (Bauru)**. Volume 9. Bauru - SP – Brasil: SciELO Brasil, 2003

MARQUES, M. I. M. O conceito de espaço rural em questão. **Terra Livre**, [S. l.], v. 2, n. 19, 2015. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/160>. Acesso em: 8 mar. 2023.

MA Moreira - **Uma análise crítica do ensino de Física**, Estudos avançados, 2018 - SciELO Brasil.

Apêndice - A

1 – Apresentação

Embora os conceitos de Hidrodinâmica não sejam lecionados no ensino médio, sendo mais comumente abordados em cursos superiores como nos cursos de engenharia, há uma série de perguntas feitas pelos alunos do ensino médio que só podem ser respondidas à luz da Hidrodinâmica. Perguntas como: por que um avião sendo mais denso que o ar, pode voar? por que se um tubarão parar de nadar ele desce? foi observando esse lapso no ensino de física do ensino médio e em casos de cursos técnico, como CFP'S (curso de formação de praças do Corpo de Bombeiros), pelo Brasil afora, que venho trazer uma proposta de abordagem com uma série de aulas seguidas de experimentos, com foco no conteúdo de Hidrodinâmica, lecionadas em um espaço não-formal de ensino.

Esse material consiste em um livro que compõe os conteúdos necessários para que, o professor possa aplicar na sua sala de aula, ou ainda um instrutor capacitado, de preferência com formação em Física, possa aplicá-lo nos cursos de formação de Bombeiros, sejam eles CFP (curso de formação de praças) ou CFO (curso de formação de oficiais), ou ainda em cursos de capacitação técnica, do Corpo de Bombeiros.

O livro é composto por um capítulo de Hidrostática, onde serão abordados os principais conceitos tais como: densidade, massa específica, pressão, pressão hidrostática, princípio de Stevin, princípio de Pascal, e por fim o princípio de Arquimedes e em seguida por um capítulo de Hidrodinâmica, onde serão abordados os principais conceitos que são: fluidos ideais, vazão, Equação da Continuidade, Equação de Bernoulli, Medidor de Venturi, Arrastamento e Efeito Magnus, fechando a parte teórica do livro.

O livro possui um capítulo com uma série de experimentos de fácil obtenção, que servirá como sugestão para os professores que não puderem levar os seus alunos a um espaço não-formal de ensino. Os experimentos são: Elevação de uma folha de papel, hidrodinâmica dos fluidos com garrafas Pet e Medidor de Venturi de fácil obtenção.

O capítulo seguinte, é composto pelos experimentos principais, onde serão abordados os conteúdos de Hidrodinâmica anteriormente aprendidos, para culminar na aplicação do Produto Educacional. Serão apresentados três experimentos em um espaço não-formal de ensino, que neste caso, será o Quartel do Corpo de Bombeiros Militar, onde os alunos poderão presenciar a apresentação dos equipamentos, seu funcionamento, manipulação e conseqüentemente o seu funcionamento físico, com a apresentação e explicação dos fenômenos hidrodinâmicos presentes. Espera-se que após a aplicação do produto educacional, e a retirada de todas as concepções espontâneas, os alunos consigam compreender fenômenos hidrodinâmicos no seu dia a dia e possam relacioná-los com o aprendido neste trabalho.

2 - Fundamentação teórica

2.1 – Introdução a Hidrostática

A palavra Hidro significa água, e estática, significa corpos rígidos em equilíbrio, ambas as palavras são gregas que, quando juntas, definem a palavra Hidrostática, que segundo BISCUOLA e VILLAS BÔAS em seu livro Tópicos da física, (2012), é a parte da mecânica que estuda os corpos em equilíbrio. Nos fluidos em equilíbrio não se pode ter forças cisalhantes ou tangenciais, por menores que elas sejam, uma vez que todas as forças que agem em fluidos em repouso, agem perpendicularmente a superfície livre do fluido.

O Matemático e Físico Arquimedes (287 – 212 a.C.), segunda a história, foi o primeiro a estudar a Hidrostática Segundo a história, foi o primeiro cientista a ser também um engenheiro por voltar muitas de suas teorias para uso prático, como cita Brennan, em seu livro Gigantes da Física:

“Arquimedes formulou o princípio da alavanca. Demonstrou com detalhes matemáticos que um pequeno peso a certa distância de um fulcro iria equilibrar um grande peso próximo do fulcro e que os pesos e as distâncias estavam em proporção inversa. Conta-se que, a propósito do princípio da alavanca, Arquimedes teria dito: Dê-me um ponto de apoio e posso mover o mundo”. (BRENNAN, 2008, p. 15).

Ao estudar hidrostática, não se pode deixar de falar sobre Pascal. Na Física, Pascal contribuiu no campo da hidrostática, desenvolvendo importantes estudos que tiveram como inspiração as descobertas do italiano Evangelista Torricelli sobre a pressão atmosférica.

Em 1653, Pascal enunciou e provou experimentalmente este princípio. Podemos conceituar o Princípio de Pascal dizendo que, pressão é diretamente proporcional a força e inversamente proporcional à área, sendo que esta, se distribui de maneira uniforme por todos os pontos do fluido (Halliday & Resnick, 2009). Uma aplicação deste princípio é encontrada em máquinas hidráulicas que são capazes de "multiplicar forças", tais como a prensa hidráulica e o freio hidráulico.

À proporção que um mergulhador aumenta sua profundidade na água, a força exercida por ela, sobre este mergulhador, aumenta de forma significativa, mesmo que esse mergulho seja um tanto raso como uma piscina, ainda sim os cuidados devem ser redobrados porque ele se encontra a uma pressão externa acrescida de uma pressão exercida pela coluna d'água.



Figura:1 – Mergulhadores em uma lagoa

Fonte: https://lagoamisteriosa.eco.br/wp-content/uploads/2017/04/mergulho_com_cilindro_na_lagoa_misteriosa_6.jpg

2.2 – Fluido

Conceito que inclui líquidos e gases e estão presentes em nossas vidas. Pois, diariamente temos contato com algum deles, tais como: água e o próprio ar que respiramos, em nosso corpo, mais precisamente no sistema cardiovascular, circula um fluido vital para nossa saúde. Existem fluidos em vários lugares no planeta Terra, nos oceanos, na atmosfera, no manto terrestre que corresponde a maioria da camada da Terra, camada intermediária que se posiciona acima do núcleo interno e abaixo da crosta terrestre, com maior massa, extensão e volume, composto por rochas em estado pastoso, ou seja, fluido.

Segundo Sears, F. e Zemasnki (2008) descreve em seu livro, que fluido é qualquer substância que pode fluir e que o termo pode ser usado para gás ou para líquido e ainda que gases são considerados facilmente compressíveis enquanto os líquidos são quase incompressíveis, embora existam alguns casos excepcionais.

No texto abaixo temos outra definição abordada por (DOCA, Ricardo Helou, BISCUOLA, Gualter José e VILLAS BÔAS, Newton, em seu livro Tópicos da física, 2012).

“Classificamos como fluidos, indistintamente, os líquidos e os gases. Em uma primeira abordagem, os líquidos não têm forma própria, embora possuam volume definido. Já os gases, por sua vez, não têm forma nem volume próprios. Um litro de água, por exemplo, não sofre mudança de volume quando o transferimos de uma panela para uma garrafa. Nesse caso, apenas sua forma é alterada. Já uma determinada massa de gás sempre tende a ocupar todo o volume que lhe é oferecido, propriedade conhecida por expansibilidade. Devemos dizer, ainda, que a forma de certa porção de gás é a do recipiente que a contém”. [...]

A Hidrostática está fundamentada em Três teoremas que podem ser chamados de leis que são:

- Teorema de Stevin ou lei de Stevin;
- Teorema de Pascal ou Lei de Pascal;
- Teorema de Arquimedes ou Lei de Arquimedes.

A maioria do planeta terra é composta por água e ar, e várias atividades humanas são praticadas nesses meios: transportam-se cargas e pessoas através do ar, em rios e oceanos.

Antes de se iniciar o estudo da mecânica dos fluidos, é necessário que se conheça algumas definições importantes:



Figura: 2 – Avião se deslocando sobre um fluido, o ar

Fonte: <https://cdn.vezdavoiz.com.br/wp-content/uploads/2018/03/avi%C3%A3o-voando-alto.jpg>



Figura: 3 – Navio de aço flutuando em água

Fonte: <https://assistentedeviagem.com.br/blog/wpcontent/uploads/2021/04/cruzeiro-viagem-de-navio.jpg>

2.3 – Densidade e massa específica

Ambas são definidas como a razão entre a massa de um corpo e seu volume total, porém, a ideia de densidade é aplicada para um corpo na totalidade, podendo este ser composto de várias substâncias diferentes. Utiliza-se a definição de massa específica quando se referir-se a uma substância pura e homogênea.

No caso dos fluidos aqui estudados, são coincidentes os valores de massa específica e densidade.

Matematicamente:

$$\mu = \frac{m}{V} \quad \text{Eq. (2-1)}$$

Onde:

- μ : é a densidade ou massa específica (kg/m^3);
- m : é a massa do corpo ou de fluido (kg);
- V : é o volume do corpo ou de fluido (m^3).

Usualmente, utiliza-se a unidade g/cm^3 para densidade ou massa específica. Para relacionarmos essas unidades, usamos o seguinte fator de conversão:

$1\text{g/cm}^3 = 1000\text{kg/m}^3$. Na (ver figura 4) temos uma tabela contendo os valores mais usuais das massas específicas de algumas substâncias.

Densidade ρ das substâncias			
	g/cm^3		kg/m^3
Ouro	19,3	Amônia	0,7714
Ferro	7,86	Cloro	3,214
Água	1,0	Oxigênio	1,43
Gelo (a 0° C)	0,917	Ar	1,23
Prata	13,54	Nitrogênio	1,2505

Figura: 4 – Tabela de densidade das substâncias mais usuais

Fonte: https://www.google.com/search?tbs=sbi:AMhZZisDkPjqP4BJPQl2xjeW2hWa0Wd66kHNuJI0aOLfRBit5Qt_1PolYhqcXnp8Yam_1fAq4DlwGvxVUQQ5TPFtiffguFqR0Eevt8p2DSO6J6Yb8cc2GI_1LV-ZEnJkA9ZBkYBKEBtjAhGDD11QlcQ3bWtQR_1hiVAQ



Figura: 5 – Comparação das densidades dos corpos

Fonte: https://www.google.com/search?tbs=sbi:AMhZZitsZplszOEvzxaXfnI2_1PQb66Y_1emV1ViHJiz_1eNCI3mwvSNvucpsWI0pvxvVcQO2fz9SGoQzsTP0tGdOik7sY_1jGQKNTXpAnmdMLGffKumqv65ZuU2z0AH4C7On6DL1t5c7C3toMU-vuVMrte7hP7M4z5mQ

Conforme Biscuola, Doca e Newton (2012), a água, que subordina a vida na Terra, é o líquido mais abundante no planeta, cobrindo cerca de 2/3 da sua superfície, em razão disso o estudo da Hidrostática dar uma tenção especial a este fluido.

2.4 – Densidade relativa

A densidade relativa de uma substância A em relação a uma substância B, é dada pela razão entre a massa específica da substância A (μ_A) e a massa específica da substância B (μ_B) quando essas substâncias estão nas mesmas condições normais de temperaturas e pressões (CNTPs.).

$$\mu_{A,B} = \frac{\mu_A}{\mu_B} \quad \text{Eq. (2-2)}$$

Caso essas substâncias tenham volumes iguais ($V_A = V_B = V$), teremos:

$$\mu_{A,B} = \frac{\mu_A}{\mu_B} = \frac{\frac{m_A}{V}}{\frac{m_B}{V}}$$

$$\mu_{A,B} = \frac{m_A}{m_B} \quad \text{Eq. (2- 3)}$$

Observe que a densidade relativa é definida pela razão de duas grandezas iguais, com isso as unidades de medidas delas são canceladas resultando em uma grandeza adimensional.

Por que o homem não se fura em uma tábua de pregos e em apenas um prego, ele se fura?



Figura: 6 – Cama de pregos

Fonte: https://cdn.w600.comps.canstockphoto.com.br/pregos-cama-banco-de-imagens_csp1469280.jpg

Por que uma faca bem afiada corta melhor que outra sem fio?



Figura: 7 – Faca afiada cortando uma laranja

Fonte: <http://obagastronomia.com.br/wp-content/uploads/2013/12/Descascar-laranja.jpg>

A resposta a esta pergunta está no fato de a área de contato entre a lâmina da faca afiada e a laranja ser menor que no outro caso.

2.5 - Pressão

Da ideia enunciada acima pode-se tirar a definição de pressão que é a razão entre a força e uma área onde a força é aplicada. Do livro de Aberto Gaspar, Física Mecânica, (2000, p. 305), enuncia que, quanto menor for a área de contato de um certo corpo afiado, maior será o efeito produzido pela força, e a este efeito denomina-se pressão.

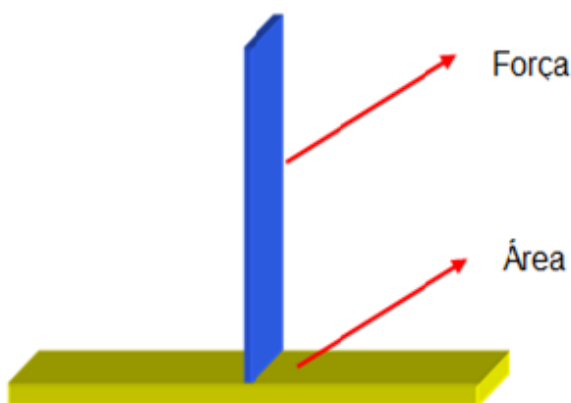


Figura: 8 – Representação da pressão exercida por corpos em superfícies

Fonte: Elaborada pelo autor

Matematicamente: $P = \frac{F}{A}$

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Eq. (2- 4)}$$

Onde:

- P: é a pressão ($\text{N/m}^2 = \text{Pa}$);
- F: é a força aplicada (N);
- A: é a área sobre a qual se aplica a força (m^2).

Outras unidades:

- 1atm = 76cm Hg = 760mmHg
- 1atm = 10^5 N/m
- 1bar = 14,5031psi
- 1kgf $\approx$ 1Pa



Figura: 9 – Representações da pressão sobre fluidos

Fonte: https://www.google.com/search?tbs=sbi:AMhZZit3ZZ7kK3Bf8LjanpykHZ99_1ESniYd6b_1sErL_14AEr7hkztLIEJ57qaLTFsAGeqi3zi70Rm_17u_1P0uRkbYX8K8DJzzPMRppuNUxoNEXiICw9FitR_11F25qpCHC9KCVcgedWTI_1LDEV4XXtn8aUjsyiFp8LrQ

2.6 – Pressão hidrostática

Considere, agora, certa quantidade de um líquido de densidade (μ) depositado num recipiente de forma cilíndrica.

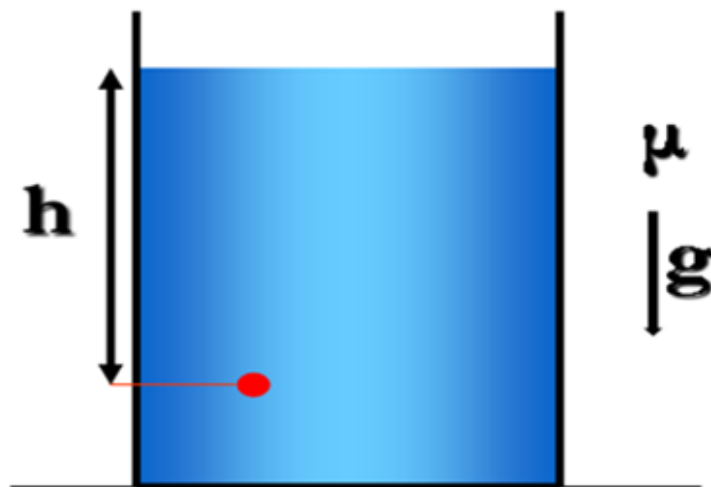


Figura: 10 – pressão da coluna de líquido sobre um ponto

Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se afirmar que o líquido exerce certa pressão sobre o fundo do recipiente que o contém (a força que o líquido exerce sobre a área da base do recipiente cilíndrico).

Essa pressão recebe o nome de pressão hidrostática. Podemos determiná-la da seguinte forma:

$$P = \frac{p}{A} \quad (I)$$

$$p = mg \text{ e } \mu = \frac{m}{V} \rightarrow m = \mu V$$

Assim:

$$p = \mu V g \quad (II)$$

Considerando que o recipiente é cilíndrico, se volume é dado por:

$$V = A h \quad (III)$$

Substituindo (III) em (II) teremos:

$$V = \mu A h g \quad (\text{IV})$$

Substituindo (IV) em (I), obtemos:

$$P = \frac{\mu A h g}{A}$$

$$P = \mu g h$$

Eq. (2- 5)

Para:

- P : Pressão hidrostática (N/m^2)
- μ : é a massa específica do líquido (kg/m^3)
- g : é a aceleração gravitacional (m/s^2)
- h : é a profundidade (m)

Nesta equação pode-se perceber que, a pressão P não depende da área A e que μ e g sendo constantes, a pressão P será proporcional a h .

Visando obter um dado importante para análise de uma situação hidrostática, calcula-se um acréscimo de pressão sofrida por um mergulhador que desce a uma profundidade de $h=10\text{m}$, como descrito por Biscuola, Doca e Newton (2012, p. 442). Para uma massa específica $\mu = 1,0 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$ e $g=10\text{m/s}^2$, teremos:

$$\Delta P = \mu g \Delta h$$

$$1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10(\text{Pa})$$

$$\Delta P = 1,0 \cdot 10^5 (\text{Pa}) = 1,0 \text{ atm.}$$



Figura: 11 – Mergulhador sofrendo a pressão da coluna de líquido

Fonte: http://www.ecobrasil.eco.br/images/IMAGENS/ATIVIDADES/Noronha_mergulhador-tartaruga-zaida-matheus.jpg

Segundo Biscuola, Doca e Newton (2012, p. 442), um mergulhador aprofundando-se numa água. Para cada 10 m percorridos no movimento descendente vertical, acrescenta-se uma pressão de $1,0 \cdot 10^5$ Pa ou 1,0 atm.

2.7 – Teorema de Stevin

De acordo com Gaspar, A. (2000, p. 308), A diferença de pressão entre dois pontos no interior de um líquido em repouso é igual ao produto da densidade desse líquido pela aceleração da gravidade local pelo e desnível vertical entre esses dois pontos, já Biscuola, Doca e Newton descreve:

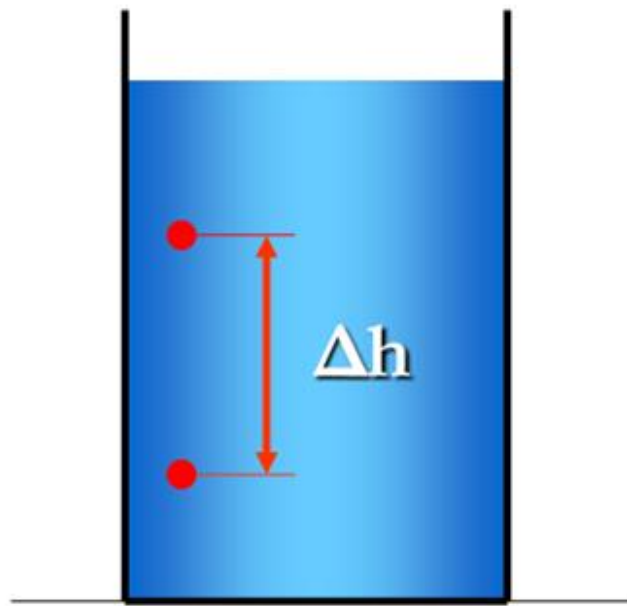


Figura: 12 – Representação da variação da pressão em um fluido

Fonte: Elaborada pelo autor

$$\Delta P = \mu g \Delta h \quad \text{Eq. (2- 6)}$$

Se considerarmos, dois pontos em horizontais diferentes em um mesmo líquido, a diferença de pressão entre eles pode ser calculada por:

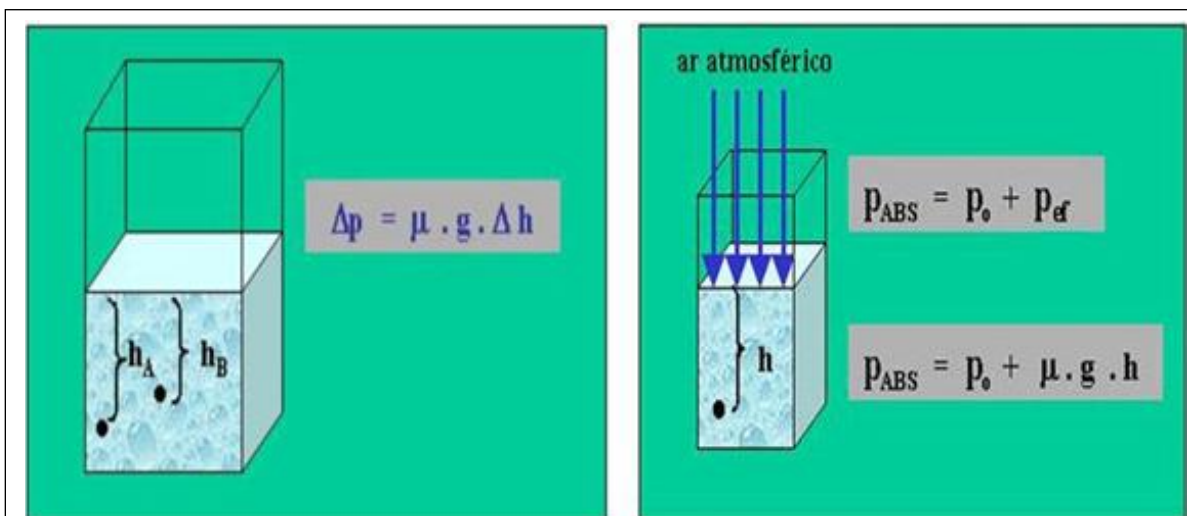


Figura: 13 – Representação da variação de pressão e da pressão absoluta.

Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=3280857>

“Traduzindo” as duas figuras anteriores, dizemos que a pressão sobre um ponto no interior de um fluido é determinada pela soma das pressões exercidas por todas as quantidades de fluidos que se encontram sobre ele naquele momento. Voltando ao ponto A da figura (profundidade h_A), determinamos a pressão total sobre ele somando a pressão exercida pela coluna de líquido acima dele com a pressão que a coluna de ar atmosférico exerce sobre a superfície livre do líquido (pressão atmosférica).

2.8 – Consequência do Teorema de Stevin

1ª Consequência

Pontos mergulhados no mesmo fluido e no mesmo nível horizontal, estão sujeitos a mesma pressão, constituindo uma região isobárica. Biscuola, Doca e Newton enuncia que todos os pontos de um líquido em equilíbrio sob a ação da gravidade, situados em um mesmo nível horizontal, suportam a mesma pressão configurando assim uma região isobárica, já Gaspar, A. (2000, p. 310), em seu livro Física descreve que:

“Segundo a lei de Stevin a diferença de pressão Δp entre dois pontos de um líquido é diretamente proporcional ao desnível vertical Δh entre eles. Mas para quaisquer pontos situados na mesma superfície horizontal, o desnível vertical é $\Delta h=0$, portanto $\Delta p = 0$. Logo pontos situados na mesma superfície horizontal estão submetidos à mesma pressão. É reciprocamente, pontos submetidos à mesma pressão devem se situar na mesma superfície horizontal, mas acompanha a superfície terrestre, portanto é esférica.” [...]

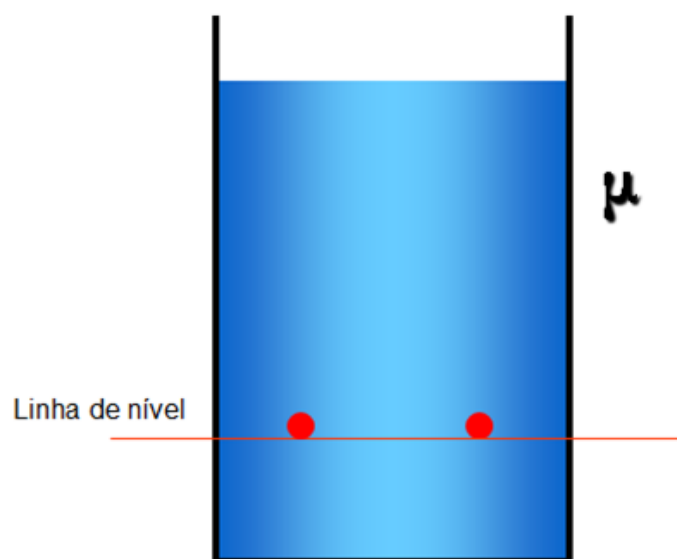


Figura: 14 – Representação do Teorema de Stevin.

Fonte: Elaborado pelo autor



Figura: 15 – Mergulhadores a uma mesma profundidade.

Fonte: <https://images.pexels.com/photos/1540108/pexels-photo-1540108.jpeg>

2ª Consequência

Segundo Gaspar, A. (2000, p. 311), a superfície livre de qualquer líquido submetido à mesma pressão atmosférica é sempre horizontal, já para Biscuola, Doca e Newton (2012, P. 445), desprezando fenômenos relativos à tensão superficial, a superfície livre de um líquido em equilíbrio sob a ação da gravidade é plana e horizontal.

Uma aplicação evidente desta conclusão, são os vasos comunicantes como os das figuras a seguir. Segundo Gaspar, A. (2000, p. 311). A superfície livre de um líquido em repouso, dentro de recipientes que se comunicam, mantém-se sempre na mesma horizontal, independentemente da forma ou volume de líquido nele contido.

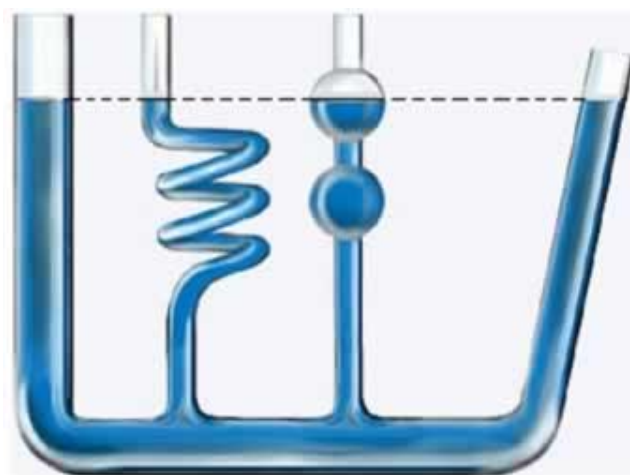


Figura: 16 – Vasos comunicantes

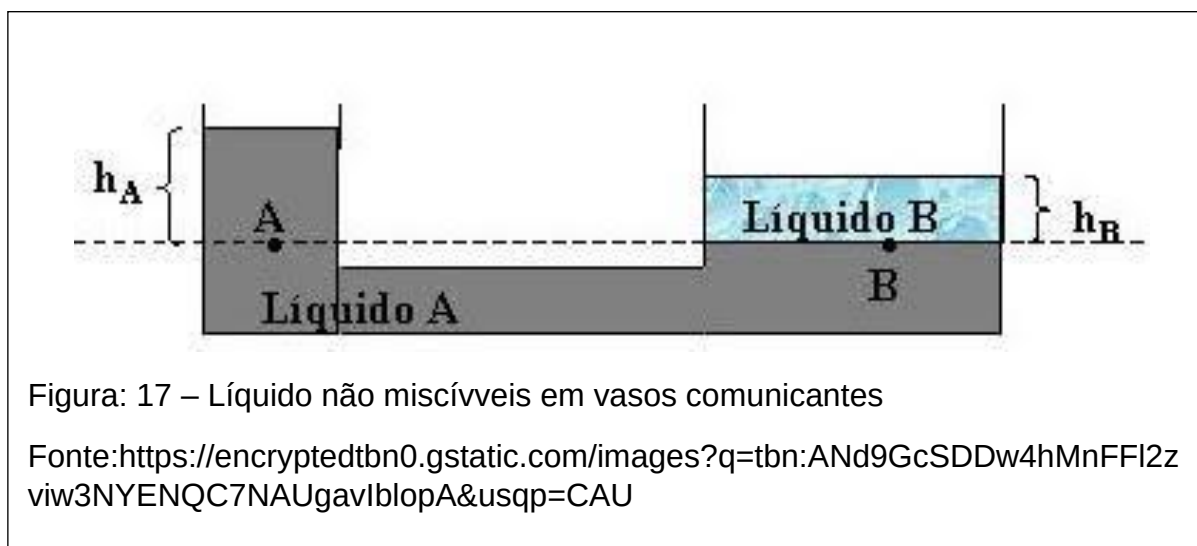
Fonte: https://static.preparaenem.com/conteudo_legenda/b51c8bb66e21253d7e4bef58cebdd7de.jpg

2.8.1 - Líquidos que não se misturam em equilíbrio

Um tubo em forma de U aberto nas duas extremidades, contendo dois líquidos diferentes e imiscíveis, A e B, em repouso.

Considere que as densidades μ_A e μ_B desses líquidos difiram, pode-se demonstrar que as superfícies livres desses líquidos possuem níveis também diferentes, o que pode ser facilmente comprovado pela relação demonstrada abaixo.

Ver (figura - 17) abaixo.



$$P_A = P_B$$

$$P_0 + \mu_A g h_A = P_0 + \mu_B g h_B$$

$$\mu_A h_A = \mu_B h_B \quad \text{Eq. (2-7)}$$

2.8.2 – Pressão absoluta

É a pressão total, ou seja, a pressão da coluna de líquido adicionada da pressão atmosférica. Segundo Relerbrock, Rafael, Pressão. Brasil Escola, disponível em: <<https://brasilestola.uol.com.br/fisica/pressao.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

pressão absoluta é a **pressão total** exercida sobre um corpo na superfície da Terra e para calcularmos a pressão absoluta sobre um corpo, devemos considerar a atuação de duas pressões distintas: a **pressão atmosférica** e a **pressão manométrica** (exercida por um fluido). (ver figura 18), abaixo:



Figura: 18 – Manômetro de uma cilindro de O₂

Fonte: Elaborada pelo autor

2.8.3 – Pressão manométrica

É a pressão que o gás exercesse, que neste caso, será igual à pressão, apenas da coluna de líquido, ou seja, não se considerando a pressão atmosférica. Sears e Zemanski, Young e Freedman, (2008, p. 76), retrata que a pressão manométrica, é o excesso da pressão acima da pressão atmosférica. Já Abert Gaspar (2000, p. 312), descreve que, pontos do mesmo líquido em repouso, no mesmo nível, estão à mesma pressão, temos então que para figura (19-a):

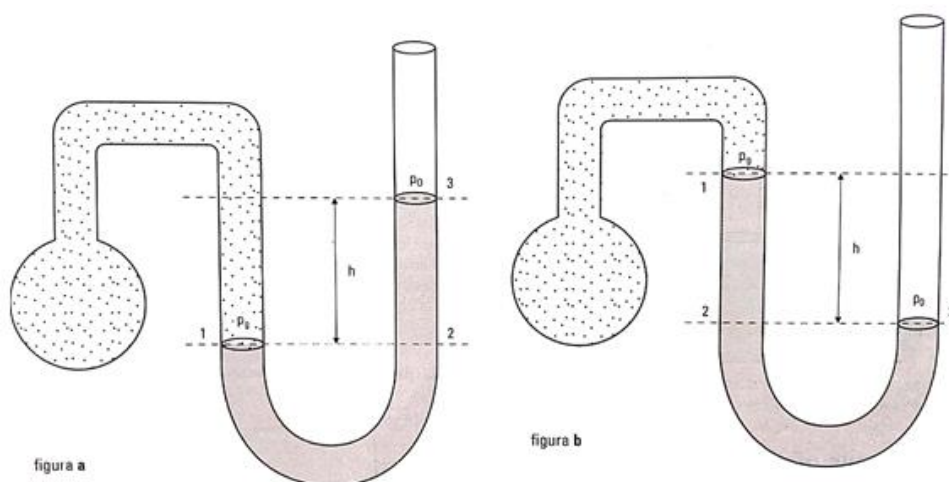


Figura: 19: a figura 19-a, a pressão do gás é maior que a pressão atmosférica e na figura 19-b, a pressão do gás é menor eu a pressão atmosférica.

Fonte: Aberto Gaspar Física (2000)

$$P_1 = P_2 \rightarrow P_g = P_o + \mu g h \text{ (I)}$$

E para figura (2.19-b):

$$P_2 = P_3 \rightarrow P_g + \mu g h + P_g \rightarrow P_o - \mu g h \text{ (II)}$$

As expressões (I) e (II) podem ser reunidas em uma só

$$P_g = P_o \pm \mu g h \quad \text{Eq. (2-8)}$$

Ainda de acordo com Aberto Gaspar (2000, p. 312), utiliza-se o sinal positivo quando o nível do líquido em contato com o gás estiver abaixo do nível do ramo aberto (figura 2.19-a), e negativo quando estiver acima (figura 19-b), o termo $(\mu g h)$ corresponde à pressão do desnível h do líquido contido no tubo em U.

2.9 – Experiência de Torricelli

Torricelli realizou um simples experimento para a determinação da pressão atmosférica. Sabendo que a pressão sobre dois pontos no interior de um mesmo fluido e numa mesma horizontal é a mesma, executou o que se segue.

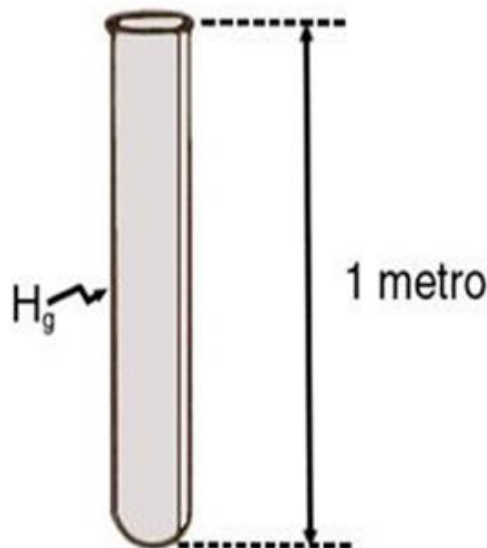


Figura: 20 – Tubo de vidro com água, para experimento de Torricelli

Fonte: [chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5824505/mod_resource/content/1/Aula%2015.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5824505/mod_resource/content/1/Aula%2015.pdf)

Tomou um tubo de ensaio de 1m de comprimento totalmente preenchido com mercúrio (ver figura 20), e o depositou de boca para baixo em outro recipiente contendo também mercúrio. A coluna que permaneceu no interior do tubo passou a ter 76cm de altura (ver figura 21). Concluiu que na horizontal que passa pela superfície livre do líquido a pressão é a mesma em todos os pontos. Assim, determinando a pressão hidrostática da coluna de mercúrio dentro do tubo sobre sua base, sabia que esse valor corresponde ao valor da pressão da coluna de ar atmosférico sobre a superfície de mercúrio fora do tubo.

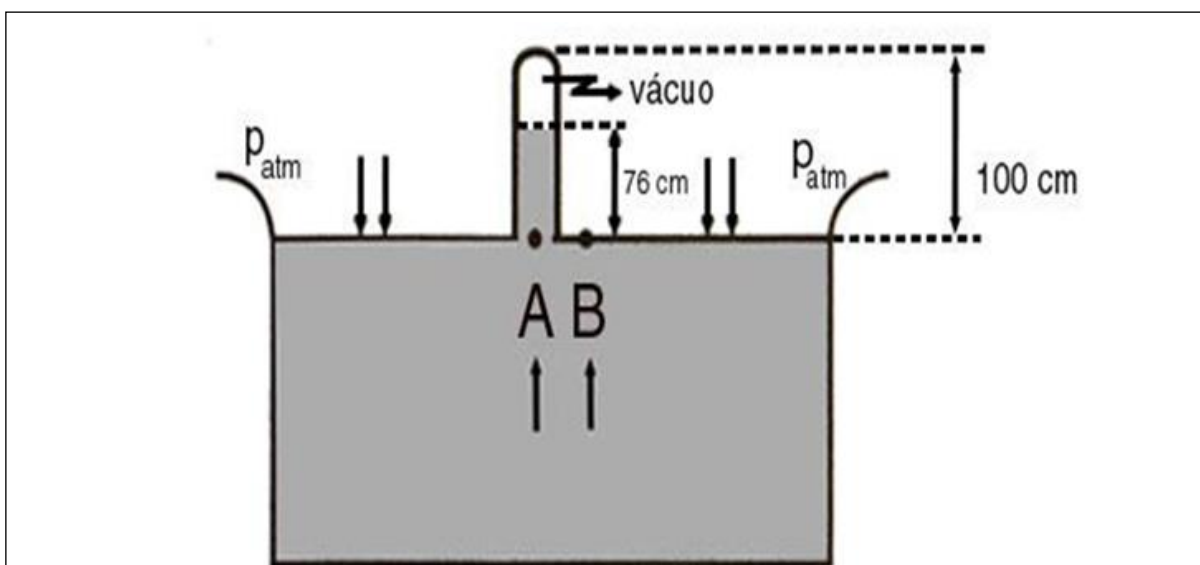


Figura: 21 – Representação do experimento de Torricelli

Fonte: [chromeextension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5824505/mod_resource/content/1/Aula%2015.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5824505/mod_resource/content/1/Aula%2015.pdf)

De que maneira a experiência de Torricelli explica o limite de 10,3 m para a subida da coluna de água nas bombas aspirantes?

A água é 13,6 vezes menos densa que o mercúrio. Assim, para que uma coluna de água exerça em sua base a mesma pressão exercida pela atmosfera, como acontece com a coluna de mercúrio, a relação entre a altura das colunas deve ser:

$$\frac{\text{altura da coluna de água}}{\text{altura da coluna de mercúrio}} = 13,6$$

$$\text{altura da coluna de água} = 13,6 \cdot 0,76 = 10,3 \text{ m}$$

Assim, podemos dizer que 760 mmHg = 10,3 mca (mca: metros de coluna de água).

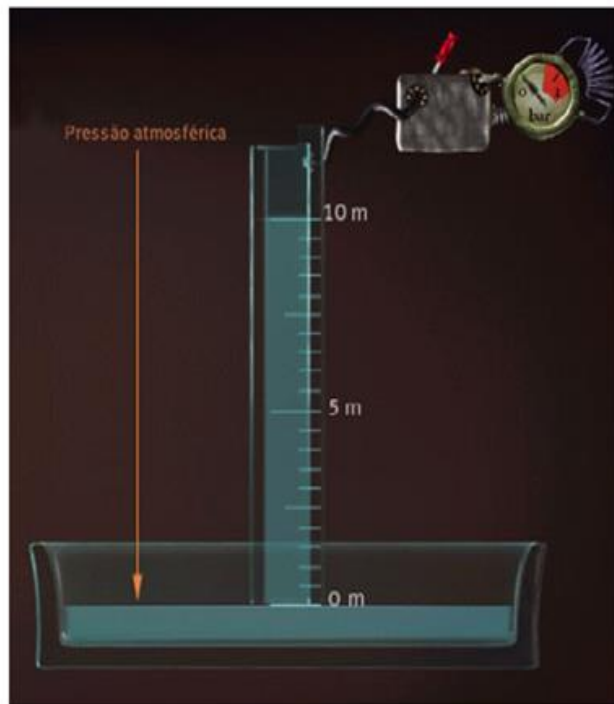


Figura: 22 – Representação do experimento de Torricelli com água

Fonte: chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgltclfindmkaj/https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5824505/mod_resource/content/1/Aula%2015.pdf

Outra unidade usada para medir a pressão é a atmosfera (atm), logo caso essa experiência fosse realizada com água seria necessário um tubo de 10m de altura, o que tornaria inviável a realização dessa experiência nas dependências de um laboratório comum.

Utilizando a expressão $p = \rho gh$, encontrou, para a pressão atmosférica, o valor:

$$p_{\text{atm}} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Ou, aproximadamente:

$$p_{\text{atm}} = 1 \times 10^5 \text{ P}$$

Resumindo:

$$P_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 10,3 \text{ mca} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Essa pressão deve sempre ser acrescida ao valor da pressão sobre um ponto no interior de um fluido quando sua superfície for livre, isto é, aberta à atmosfera.

Uma consequência importante do que estudamos até agora sobre pressão hidrostática é que líquidos na superfície do planeta, com superfície aberta, ficarão num mesmo nível por estarem sujeitos a uma mesma pressão, no caso, a pressão atmosférica.

2.10 – Princípio de Pascal

Conforme Aberto Gaspar (2000, p. 322), enuncia que a variação de pressão aplicada a um fluido contido em um recipiente fechado é transmitida integralmente a todos os pontos desse fluido.

Biscuola, Doca e Newton (2012, P. 450) descreve:

“Um incremento de pressão comunicado a um ponto qualquer de um líquido incompressível em equilíbrio transmite-se integralmente a todos os demais pontos do líquido, bem como às paredes do recipiente”. [...]

Considere a situação a seguir onde um líquido é submetido a uma variação de pressão em um de seus pontos pela aplicação de uma força F_1 . Tal alteração provoca uma elevação na pressão em todo o líquido. Finalmente, o êmbolo S_2 , ficando sujeito à ação da força F_2 , inicia um movimento ascendente.

O dispositivo estudado aqui é denominado prensa hidráulica que, na prática, constitui um multiplicador de forças. A relação de descreve o funcionamento de uma prensa é dada por:

$$\boxed{\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}} \quad \text{Eq. (2-9)}$$

Onde: F_1 e F_2 são as forças aplicadas, respectivamente, sobre os êmbolos 1 e 2 medidas em newtons; A_1 e A_2 são as áreas dos êmbolos da prensa hidráulica em m^2 .

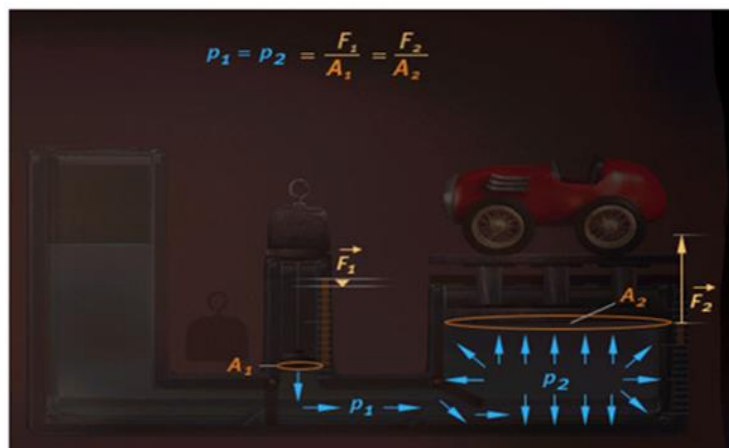


Figura: 23 – Distribuição da força sobre um líquido numa prensa hidráulica.

Fonte: chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5824505/mod_resource/content/1/Aula%2015.pdf

Pascal, o coração tem razões... (Texto, Biscuola, Doca e Newton)

Blaise Pascal (1623-1662), cujo retrato, de uma coleção particular, foi pintado por Philippe de Champaigne no século XVII, nasceu em Clermont – Ferrand, França, tendo manifestado, ainda criança, grande habilidade em Matemática. Estudou Geometria, Probabilidade e Física, chegando a importantes descobertas. Aos 19 anos, depois de dois anos de trabalho intenso, terminou a construção de uma revolucionária calculadora mecânica que permitia a realização de operações aritméticas sem que o usuário precisasse saber os respectivos algoritmos. Buscando outros conhecimentos, embrenhou-se na Filosofia e na Teologia, tendo legado uma frase memorável em que deixou clara sua insatisfação com as coisas meramente racionais: “O coração tem razões que a própria razão desconhece”.



Figura: 24 – Blaise Pascal (1623 - 1662) Físico, matemático e filósofo

Fonte: <https://www.explicatorium.com/biografias/blaise-pascal.html>

2.10.1 – Exemplos e aplicações

1.º Exemplo:

Carro em sendo elevado em um elevador hidráulico.



Figura: 25 – Carro em uma oficina sobre um elevador hidráulico

Fonte: <https://www.boxtop.com.br/blog/elevador-de-carros-saiba-tudo-sobre/>

2.º Exemplo:

Escavadeira hidráulica funcionando.



Figura: 26 – Escavadeira hidráulica

Fonte: <https://universus.loja2.com.br/7205868-Curso-de-Operador-de-Escavadeira>

2.11 – Princípio de Arquimedes

Depois de três meses combinando uma série de exercícios e uma alimentação adequada, **Ronaldo** chegou ao seu objetivo e conseguiu perder os quilos propostos pelo quadro 'Medida certa', no programa "Fantástico ". Em um dos episódios da série, o “fenômeno”, sentiu o joelho, porém estava previsto, uma corrida para aquele dia. O preparador físico Márcio Atalla, para não quebrar a sequência de exercícios, colocou uma esteira na piscina e fez o “fenômeno cumprir à risca o exercício previsto. Qual o motivo do preparador físico Márcio Atalla colocar a esteira na piscina, e qual a relação com o Princípio de Arquimedes?



Figura: 27 – Ronaldo treinando na piscina

Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=ronaldo+fen%C3%B4meno+em+uma+piscina+medida+certa>

Ginástica é uma atividade muito saudável, porém, determinados exercícios físicos, se feitos em excesso, podem provocar danos, muitas vezes irreversíveis, aos tendões, à coluna, etc. para evitar os efeitos danosos que podem ocorrer quando o corpo sofre impacto contra o solo, foi criado um tipo de ginástica que se pratica dentro d'água (hidroginástica) para que uma parte do peso seja anulada por uma força denominada EMPUXO, a figura (28) retrata bem a atividade física dentro d'água (Hidroginástica).



Figura: 28 – Aula de hidroginástica

Fonte: <https://www2.tatui.sp.gov.br/2019/10/03/piscina-publica-esta-aberta-a-populacao-e-conta-com-aulas-de-hidroginastica/>

Segundo Silva, Marco A. **Arquimedes e a Descoberta do Empuxo**, Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/arquimedes-descoberta-empuxo.htm>>. Acesso em: 6 dez. 2022.

O sábio grego Arquimedes (282-212 a.C.) verificou, enquanto tomava banho, que um corpo imerso na água se torna mais leve devido a uma força, exercida pelo líquido sobre o corpo vertical para cima, que “alivia” o peso do corpo. Foi assim, meio que ao acaso, que o princípio do empuxo foi descoberto.

Essa força é denominada EMPUXO, possui o mesmo módulo do peso do líquido deslocado pelo corpo quando total ou parcialmente nele imerso.

Arquimedes foi físico, matemático e inventor grego que viveu no século III antes de Cristo, na cidade de Siracusa, uma pequena colônia grega localizada no sul da Itália. Ele fez descobertas importantes na área da geometria. Foi no campo da Física que ele fez a maior de suas descobertas, o princípio do empuxo, no entanto seus trabalhos são muito extensos, apresentando contribuições não só na área da física, como também na matemática e na tecnologia. Arquimedes construiu engenhosas invenções que se tornaram muito populares em sua cidade. Uma das invenções mais populares ficou conhecida como o parafuso de Arquimedes.



Foto: 29 – Foto do físico Arquimedes

Fonte: <http://fisicaessencial.blogspot.com/2012/03/empuxo-de-arquimedes.html>

Conforme escrito no livro de Sears e Zemanski, Young e Freedman, (2008, p. 79), o princípio de Arquimedes prever que quando um corpo está parcial ou completamente imerso em um fluido, este exerce sobre o corpo uma força de baixo para cima igual ao peso do volume do fluido deslocado pelo corpo, já Biscuola, Doca e Newton (2012 P. 450) descreve:

“Quando um corpo é imerso total ou parcialmente em um fluido em equilíbrio sob a ação da gravidade, ele recebe do fluido uma força denominada empuxo (ou impulsão de Arquimedes). Tal força tem sempre direção vertical de baixo para cima e intensidade igual à do peso do fluido deslocado pelo corpo”. [...]

Assim temos que:

$$E = P$$

Para: $P = m g \quad m = \mu V_{\text{desl.}}$

Logo teremos:

$$E = \mu V g \quad \text{Eq. (2- 10)}$$

Temos que:

- E: Empuxo (N)
- μ : Massa específica do líquido (g/cm³)
- V: Volume deslocado (m³)
- g: Aceleração da gravidade (m/s²)

Portanto, num corpo que se encontra total ou parcialmente imerso em fluido, agem duas forças: a força peso, devida à interação com a Terra e o empuxo devido à interação com o fluido (ver figura 30).

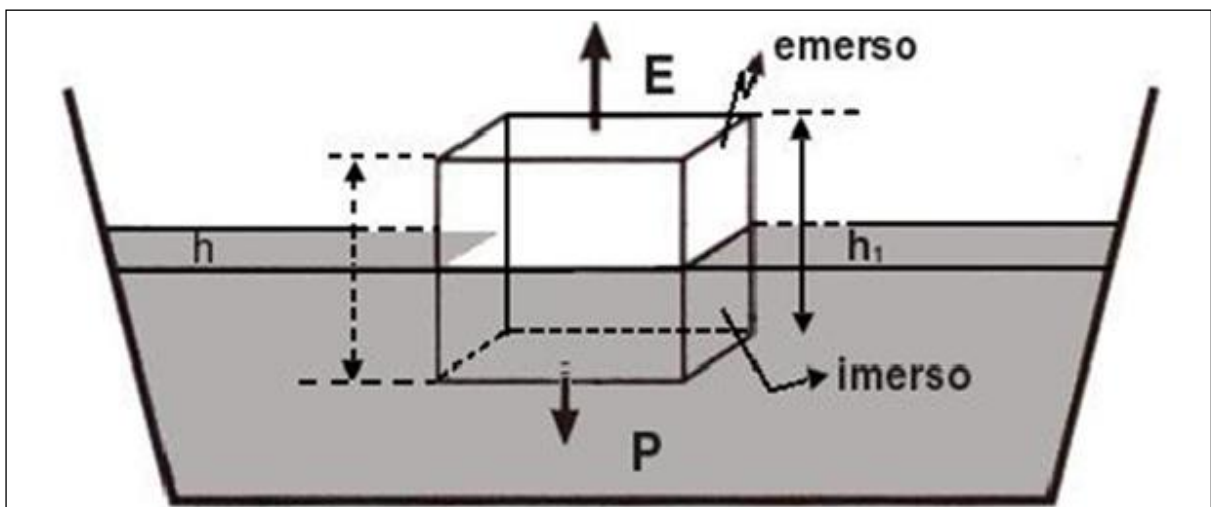


Figura: 30 – Representação do Teorema de Arquimedes, bloco imerso

Fonte: chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5824505/mod_resource/content/1/Aula%2015.pdf

É importante salientar que quando a densidade média do corpo totalmente imerso no fluido for:

- Igual à do fluido, ele permanecerá em equilíbrio em qualquer ponto no fluido.

$$P=E$$

- Maior que a do fluido, ele entrará em movimento acelerado vertical e descendente pois.

$$P>E$$

- Menor que a do fluido, ele entrará em movimento acelerado vertical ascendente pois.

$$E>P$$

- Quando total ou parcialmente imerso no fluido, o peso aparente do corpo será dado por

$$P_{ap}=P-E$$

Peso, empuxo, peso aparente, e peso de líquido deslocado quando do corpo imerso, (ver figura 31)

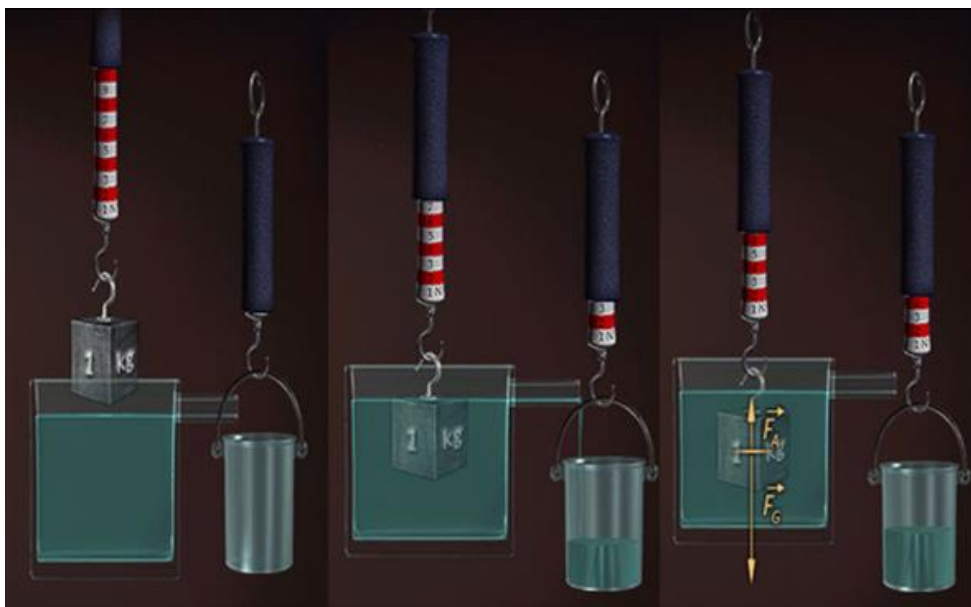


Figura: 31 – Corpos imersos em fluidos, com peso e empuxo agindo

Fonte: [chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5824505/mod_resource/content/1/Aula%2015.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5824505/mod_resource/content/1/Aula%2015.pdf)

3- Fundamentação teórica - Hidrodinâmica

3.1 – Introdução a Hidrodinâmica

O conteúdo de Hidrodinâmica para o ensino médio, é considerado dispensável, para a maioria dos sistemas de ensino do país, uma vez que, este conteúdo não está previsto para o ENEM, porém, existem diversas situações e exemplos em que só por meio do conhecimento da Hidrodinâmica, poderemos explicá-los, tais como: o deslocamento constante dos tubarões, pois como estes animais são bem mais densos que a água e caso eles parassem, certamente afundariam, logo, para que isso não aconteça, eles precisam nadar constantemente, pois é o movimento do tubarão em relação à água que o impede de afundar (ver figura 32).



Figura: 32 - Tubarão se deslocando

Fonte: https://www.hypeness.com.br/1/2021/06/b9772513edit_tubaro%CC%83es_extinc%CC%A7a%CC%83o_horizontal.jpg

Outro exemplo, é o motivo das aeronaves conseguirem se manter voando, conforme a figura (33), retrata abaixo, tendo também densidades muito maiores que o ar, a explicação é semelhante, as asas da aeronave funcionam como as nadadeiras do tubarão, elas possuem um desenho específico de modo que o ar passará com maior velocidade pela parte de cima das asas, fazendo com que a pressão embaixo das asas, seja maior que na parte de cima, criando assim uma força de sustentação vertical para cima e que se opõe a tendência de queda da aeronave.



Figura: 33 - Avião se deslocando

Fonte: <https://useargo.com/wp-content/uploads/2016/08/O-desafio-de-reformar-o-aviao-em-pleno-voo-1024x500.jpg>

O conteúdo de Hidrostática é sequenciado pelo conteúdo da Hidrodinâmica, porém este só é abordado em cursos de Ciências exatas como Física, Engenharia e áreas afins, no ensino superior. A forma com que vamos abordar aqui, é bastante superficial e simplificada, para poder ser compreendida por alunos do ensino médio. O deslocamento de fluidos reais é bem complexo, não sendo ainda muito bem compreendido, por isso, vamos discutir o movimento dos **fluidos ideais**, os quais possuem uma maior facilidade matemática.

Ainda que os resultados não concordem plenamente com o comportamento dos gases, teremos uma boa aproximação que será de grande valia para o nosso estudo.

A Hidrodinâmica trata dos movimentos dos fluidos tais como água de um rio, água em uma tubulação, movimento de gases em tubos, circulação sanguíneas nas veias e artérias em seres humanos.

3.2 – Fluidos Ideais

Os fluidos são constituídos por grande número de moléculas em movimento desordenado. Para estudarmos o comportamento destes fluidos, poderíamos utilizar equações de movimento da Mecânica para cada molécula que os constituem. Porém, tal procedimento é muito laborioso visto que necessitaríamos trabalhar com um número muito grande de equações. Ao invés disso, em se tratando de estabelecer relações entre grandezas macroscópicas como pressão, volume e velocidade de escoamento, associadas ao equilíbrio ou ao escoamento de fluidos, iremos substituir o fluido real por um modelo simplificado chamado de Fluido ideal. Com isso, iremos facilitar o tratamento matemático.

Este fluido, para ser considerado ideal, deve apresentar algumas características no que se refere a sua continuidade, homogeneidade, incompressibilidade e viscosidade. Baseado nessa discussão, faremos algumas considerações a respeito deste fluido ideal:

3.2.1 – Escoamento uniforme – A velocidade do fluido em qualquer ponto não muda com o tempo. Ou seja, seu módulo, direção e sentido são constantes. O contrário de um escoamento uniforme seria um escoamento turbulento. Como exemplo podemos imaginar um riacho. A velocidade da água no centro do riacho calmo é constante, porém, nas margens do riacho teremos turbulências provocadas pelas pedras e pela terra. Na figura (34) podemos observar as águas calmas de um riacho em oposição as águas turbulentas na cachoeira da figura (35).



Figura: 34 - Comportamento uniforme da água no centro de um Riacho calmo.

Fonte: <https://criandoumjardim.files.wordpress.com/2019/01/%C3%A1gua.jpg>



Figura: 35 - Comportamento turbulento da água em uma cachoeira.

Fonte: https://cdn.pixabay.com/photo/2015/03/18/17/48/rafting-679719_960_720.jpg

3.2.2 - Escoamento incompressível – Fluido que possui massa específica (densidade absoluta) uniforme, ou seja, a mesma densidade em qualquer ponto do fluido. Os líquidos são aproximadamente incompressíveis, também podemos considerar os gases, caso a pressão em diferentes pontos não sejam tão diferentes.

3.2.3 – Escoamento não-viscoso – Tipo de escoamento em que as camadas dos fluidos não trocam forças de atrito entre si, nem com as paredes do conduto, ou seja, não causam resistência ao escoamento. Por exemplo, o mel e o óleo são mais viscosos que a água, pois em iguais condições, o mel e o óleo têm maior dificuldade de escoamento que a água.

3.2.4 – Escoamento não rotacional – As partículas do fluido não giram em torno do seu próprio eixo, colocando-se um objeto mergulhado neste fluido, ele não irá girar em torno de um eixo que passe pelo seu centro de massa.

3.2.5 – Linhas de escoamento – Uma linha de escoamento é uma linha imaginária traçada por uma partícula mergulhada em um fluido. Essas linhas são semelhantes às linhas imaginárias utilizadas para estudar uma região de campo gravitacional. A linha de escoamento nos permite estudar a velocidade do fluido em cada posição. A figura (36) mostra linhas de escoamento de um fluido em torno de um obstáculo circular.

Quando a configuração global do escoamento de um fluido não varia com o tempo, o chamamos de escoamento estacionário. As linhas de corrente, que no caso de escoamento estacionário, coincide com as linhas de escoamento, é uma curva que em qualquer ponto dela, o vetor tangente neste ponto da curva, nos fornece a direção e o sentido da velocidade do fluido neste local. Em um escoamento de um fluido ideal, as linhas de corrente nunca se cruzam. Pois, se assim o fizessem, uma partícula que encontrasse este cruzamento assumiria valores diferentes e simultâneos para a velocidade, o que seria impossível. Quanto mais próximas estiverem as linhas de escoamento no fluido, maior será o valor da velocidade do fluido naquele ponto.

Um conjunto linhas de escoamento formam o que chamamos de tubo de escoamento. As paredes em um tubo de escoamento podem ser reais, como em uma mangueira, ou imaginária, quando isolamos uma pequena seção do escoamento no meio do fluido em escoamento.

Este tubo de escoamento nos ajuda a acompanhar e estudar o fluido durante seu escoamento. Nenhuma molécula do fluido pode escapar do tubo de escoamento. Pois caso isto acontecesse, recairíamos no caso anterior de cruzamento de linhas de corrente, que no caso é impossível.

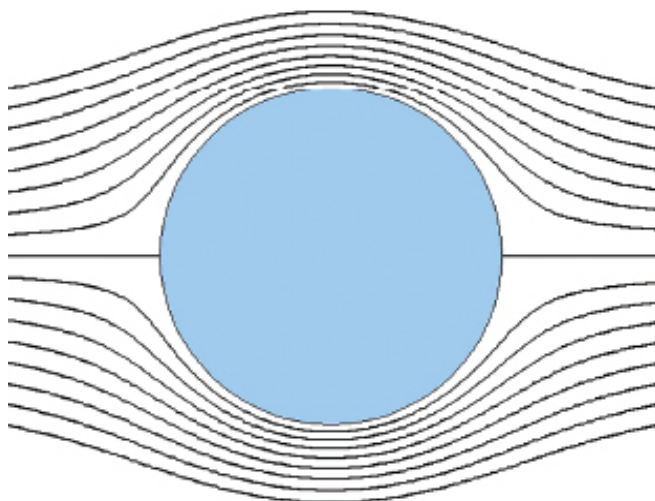


Figura: 36 - Representação de linhas de escoamento

Fonte: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/tsvTgNcxwdxScrcCQtznGkK/?lang=pt#ModFigfig5>

A figura (37) nos mostra linhas de escoamento do vento utilizadas para estudar o desenho aerodinâmico de um carro sendo projetado. Com base nesta figura podemos afirmar que a velocidade do vento na parte superior do carro é maior, uma vez que as linhas de escoamento estão mais próximas naquele local.



Figura: 37 - Carro em um túnel de vento

Fonte: <https://thumbs.dreamstime.com/b/modelo-de-ve%C3%ADculo-desportivo-prot%C3%B3tipo-t%C3%BAnel-aerodin%C3%A2mico-d-ilustra%C3%A7%C3%A3o-um-carro-imagin%C3%A1rio-conceitual-no-interior-do-231247341.jpg>

3.3 – Vazão (Z)

Iremos considerar que um líquido não-viscoso, incompressível e de escoamento uniforme, que passará por um trecho de uma tubulação. Por uma secção transversal (S) passará um certo volume deste líquido (ΔV) em um certo intervalo de tempo (ΔT). A figura (38) abaixo exhibe esta situação.

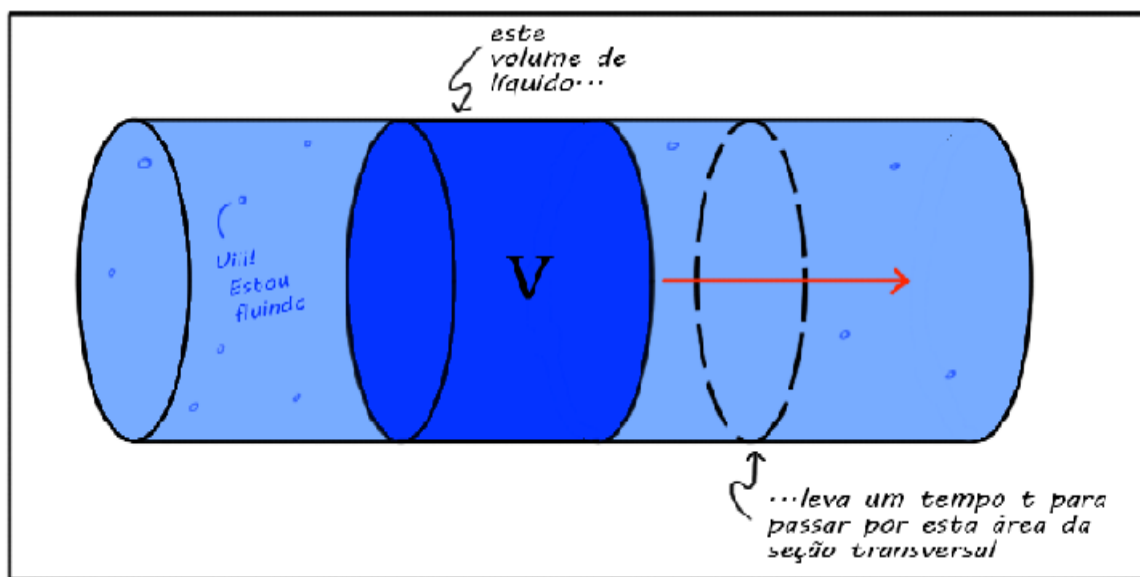


Figura: 38 - Trecho de um tubo de seção reta, exibindo o escoamento de um fluido.

Fonte: <https://cdn.kastatic.org/ka-perseu-images/3dafefa3578534e833181b0f59d210bf119b3bb0.png>

A Vazão volumétrica representa a taxa do volume do fluido que atravessa uma seção reta do tubo de escoamento. Definimos a grandeza Vazão volumétrica (Z) como sendo a razão entre um certo volume (ΔV) e o intervalo de tempo (ΔT), que leva para essa quantidade do fluido passar numa seção transversal do tubo:

$$Z = \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad \text{Eq. (3-1)}$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a vazão é dada por m^3/s .

Na figura (39) abaixo, temos um dos tubos da hidrelétrica de Itaipu. Esse duto despeja água sobre uma turbina acoplada a um gerador de tensão elétrica. Em cada tubo desta usina temos, em média, uma vazão de água é de 700.000 L/s.



Figura: 39 - Dutos de Itaipu

Fonte: https://www.google.com.br/search?q=Dutos+de+el%C3%A9trica+de+itaipu&hl=ptBR&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwih76zEhfH0AhWKrpUCHXk6COIQ_AUoAnoECAEQBA&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgrc=AQYulMdl9rsf1M

A Itaipu tem 20 unidades geradoras. A última unidade instalada começou a transformar energia mecânica em elétrica em 2007. Cada uma tem capacidade de 700 megawatts (MW), potência suficiente para abastecer uma cidade com 1,5 milhão de habitantes. Juntas, as 20 unidades geradoras somam 14 mil MW.

O volume de um líquido que passa pela secção S, em um certo intervalo de tempo, pode ser calculado por:

$$\Delta V = A \Delta s \quad \text{Eq. (3-2)}$$

Onde A é a área da secção reta e Δs é o deslocamento do líquido no tempo. Δt . Considerando um volume ΔV pequeno, podemos utilizar a velocidade média v das moléculas de água de ΔV para calcular a vazão volumétrica como sendo:

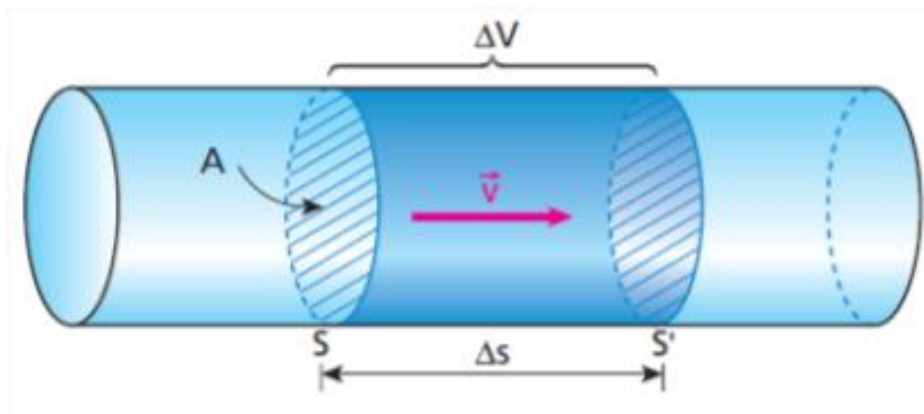


Figura: 40 - Trecho de um tubo com duas seções reta S, exibindo o escoamento de um fluido.

Fonte: Tópicos da Física (2012)

Considerando um volume ΔV pequeno, podemos utilizar a velocidade média v das moléculas de água de ΔV para calcular a vazão volumétrica como sendo:

$$Z = \frac{A \Delta s}{\Delta T}$$

$Z = A \cdot v$

Eq. (3-3)

3.4 – Equação da continuidade

Consideremos um líquido incompressível, não viscoso e de escoamento uniforme, em um tubo de diâmetro variável como o mostrado na figura (41) a seguir.

Sejam as áreas A_1 e A_2 das seções S_1 e S_2 , e V_1 e V_2 as velocidades de escoamento deste fluido, em S_1 e S_2 .

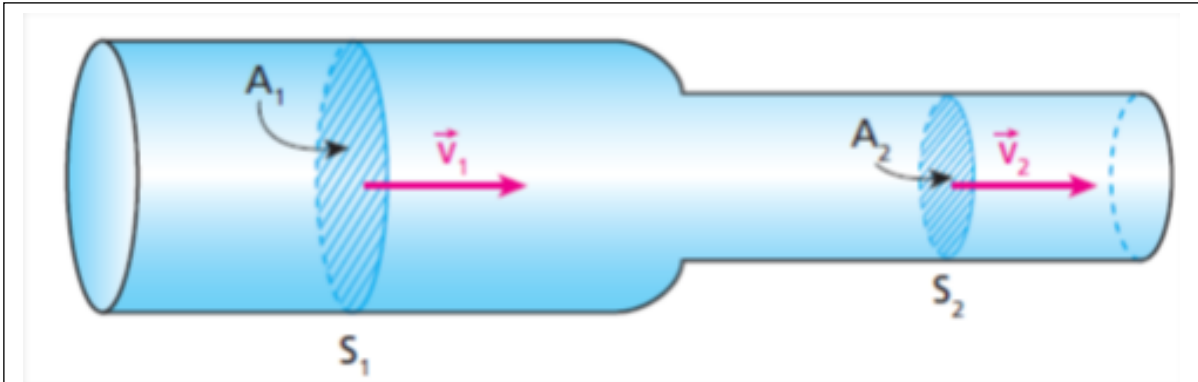


Figura: 41 - Tubo de escoamento de secção reta variável

Fonte: Tópicos da física (2012)

Como este escoamento é uniforme, a massa total em um intervalo do tubo permanece constante. Ou seja, a quantidade de massa que passa por S_1 deve ser igual à quantidade de massa que atravessa S_2 , corroborando com o princípio da conservação da massa. Desta forma, a massa que passa pela secção S_1 é a mesma que passa pela secção S_2 . Assim, a vazão nos pontos 1 e 2 devem ser iguais:

$$Z_1 = Z_2$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad \text{Eq. (3-4)}$$

A última expressão é a equação da continuidade e ela, nos permite observar

$$A_1 > A_2 \quad \Rightarrow \quad V_1 < V_2$$

que O produto $A \cdot v$ em um fluido incompressível é constante e a área e a velocidade são inversamente proporcionais, sendo assim quanto menor for a área de secção transversal maior será a velocidade de escoamento deste líquido.

A figura (42) abaixo, mostra um rio com largura variável. Considerando que este rio possui profundidade uniforme, a velocidade de escoamento dele é maior na parte mais estreita que na mais larga.



Figura: 42 - Rio com largura variável

Fonte: <https://portalamazonia.com/images/p/33436/1632456819.png>



Figura: 43 - Água saindo na extremidade da mangueira com maior velocidade.

Fonte: <https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/ao-diminuir-area-saida-mangueira-velocidade-agua-aumentada-56f3d25c9764e.jpg>

A medida em que apertamos a extremidade da mangueira diminuimos a área da secção transversal. Logo, neste ponto, a velocidade da água torna-se maior, como pode ser observado na figura (43). O mesmo comportamento pode acontecer com a água ao sair de uma torneira como ilustrado na figura (44).



Figura: 44 - Torneira com com área do jato d'água, variável

Fonte: https://img.freepik.com/fotos-gratis/torneira-e-fluxo-de-agua-no-banheiro_51195-23.jpg?size=626&ext=jpg

Observe que na parte superior, próximo à torneira, o escoamento da água se dá com maior diâmetro, à medida que a água vai caindo o seu filete passa a ficar cada vez mais fino e sua velocidade vai aumentando devido à aceleração da gravidade.

3.5 – Equação de Bernoulli

Vamos considerar um tubo ou mesmo um cano por onde escoar um líquido incompressível, não viscoso, de densidade constante " ρ " e de regime permanente como mostrado na figura (45), ou seja, o volume que entra no cano deve ser o mesmo volume sai deste cano. Sejam h_1 , v_1 , e p_1 , a elevação do centro de S_1 em relação a um plano horizontal de referência " p_i ", a velocidade e a pressão, do líquido, quando entra no tubo.

A_1 e S_1 , a área da seção de entrada deste líquido pelo tubo, h_2 , v_2 e p_2 , a elevação do centro de S_2 em relação a um plano horizontal “ π ”, a velocidade e a pressão, do líquido, quando sai do tubo. A_2 e S_2 , a área e a secção da saída deste líquido pelo tubo. Sejam ainda “ π ” o plano horizontal e “ g ” a gravidade local

$$p_1 + dgh_1 + \frac{dv_1^2}{2} = p_2 + dgh_2 + \frac{dv_2^2}{2} \quad \text{Eq. (3-5)}$$

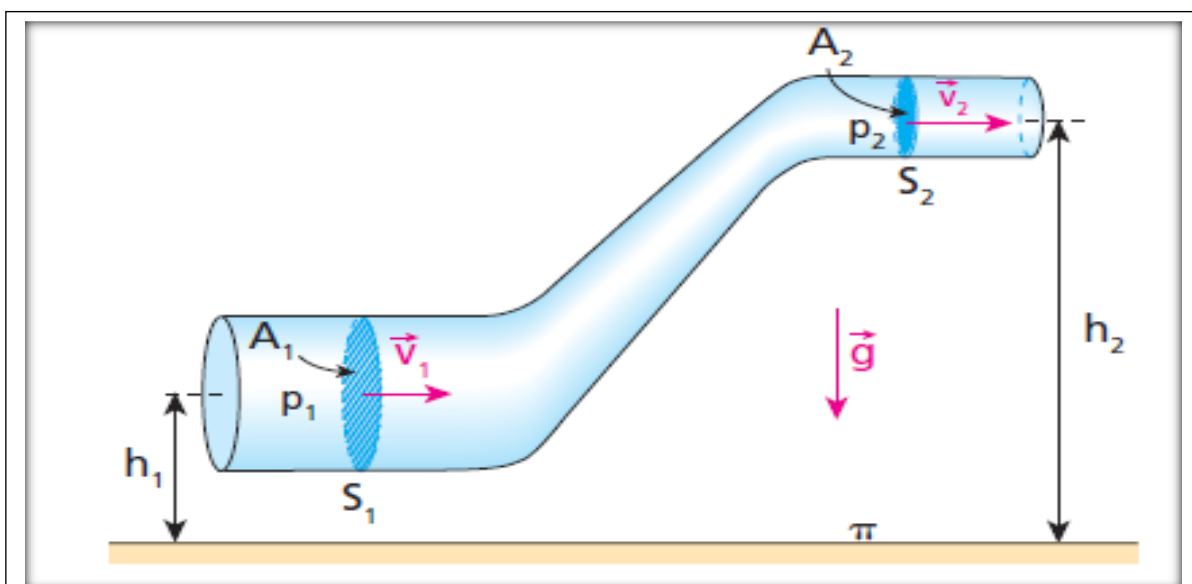


Figura: 45 - Tubulação com diâmetro variável

Fonte: tópicos da Física (2012)

O físico, médico e fisiologista suíço Daniel Bernoulli (1700-1782), que estudou o escoamento dos fluidos no século XVIII, relacionou as grandezas citadas acima em uma expressão de grande importância que pode explicar vários fenômenos, tais como: o escoamento em sistemas de encanamentos, em hidrelétricas, nos voos de aeronaves e tantos outros fenômenos. Assim como a equação da continuidade, a equação de Bernoulli não é um princípio novo, mas simplesmente uma reformulação de um princípio conhecido, o princípio da conservação de energia, que sofreu adequação para a mecânica dos fluidos.

Como a velocidade do fluido ao longo do tubo na figura varia, ele está acelerado. Isso significa que as variações de pressão produzem uma força resultante em cada elemento do fluido, conforme a ΔV equação da continuidade, o volume do fluido ΔV que passa em qualquer secção reta do tubo no intervalo de tempo Δt deve ser o mesmo. Assim:

$$\Delta V = A_1 \Delta s_1 = A_2 \Delta s_2.$$

Por outro lado, o trabalho realizado sobre o elemento do fluido, ΔV , pelas forças não conservativas que atuam no fluido será:

$$\Delta W = \Delta E_M = \Delta E_c + \Delta E_p$$

$$\Delta W = \frac{1}{2} m \cdot \Delta v^2 + mgh = \frac{1}{2} (d \cdot \Delta V) \cdot (v_2^2 - v_1^2) + (d \cdot \Delta V)g(h_2 - h_1)$$

Onde, ΔE_M , ΔE_c e ΔE_p são as variações da energia mecânica total, energia cinética e energia potencial gravitacional do fluido.

Podemos calcular o trabalho ΔW realizado sobre o fluido, também, utilizando a definição da pressão nos pontos 1 e 2 do tubo, como segue:

$$\Delta W = F_1 \Delta s_1 - F_2 \Delta s_2 = (p_1 A_1) \Delta s_1 - (p_2 A_2) \Delta s_2$$

$$\Delta W = p_1 \Delta V - p_2 \Delta V$$

Onde utilizamos as forças devido à pressão que atuam no fluido $F_1 = p_1 A_1$ e $F_2 = p_2 A_2$ nos pontos 1 e 2. Igualando as duas equações escritas para o trabalho, encontramos:

$$\frac{1}{2} (d \cdot \Delta V) \cdot (v_2^2 - v_1^2) + (d \cdot \Delta V)g(h_2 - h_1) = p_1 \Delta V - p_2 \Delta V$$

Manipulando esta expressão, encontramos a equação de Bernoulli:

Eq. (3-6)

$$p_1 + \frac{1}{2} d \cdot v_1^2 + dgh_1 = p_2 + \frac{1}{2} d \cdot v_2^2 + dgh_2$$

Onde P_1 e P_2 são as **pressões estáticas**, enquanto as parcelas, $\frac{d.V_1^2}{2}$ e $\frac{d.V_2^2}{2}$ são as **pressões dinâmicas ou energia cinética específica** (energia por unidade de volume).

Como a equação (3-6) (equação de Bernoulli) foi determinada para um ponto qualquer do tubo de escoamento, pode-se suprimir os índices naquela equação e reescrevê-la na forma:

$$p + dgh + \frac{dv^2}{2} = \text{Constante} \quad \text{Eq. (3-7)}$$

Evidenciando o fato que esta soma não se altera quando calculada em qualquer ponto do fluido em movimento.



Figura: 46 - Daniel Bernoulli

Fonte: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSV8yWliw42e8Nb_dZpLzcb9NsZ-

Daniel Bernoulli (Groninga, 8 de fevereiro de 1700 — Basileia, 17 de março de 1782) foi um matemático suíço, membro de uma família de talentosos matemáticos, físicos e filósofos. É particularmente lembrado por suas aplicações da matemática à mecânica, especialmente a mecânica de fluidos, e pelo seu trabalho pioneiro em probabilidade e estatística, e o primeiro a entender a pressão atmosférica em termos moleculares. É o mais antigo escritor que tentou formular uma teoria cinética de gases, aplicando-a para explicar a Lei de Boyle-Mariotte.

https://pt.wikipedia.org/wiki/Daniel_Bernoulli

3.6 – Casos particulares – Medidor de Venturi

I - Quando h_1 for igual a h_2 , o tubo estará na horizontal e, pela Equação da Continuidade, temos que, sendo $A_1 > A_2$, então $v_1 < v_2$, logo a equação de Bernoulli se reduzirá a:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2 \quad \text{Eq. (3-8)}$$

Para $v_1 > v_2$, decorre que $p_1 < p_2$. Assim, para uma maior velocidade de escoamento teremos uma menor pressão estática. Podemos verificar por dois tubos colocados de forma perpendicular nas duas regiões, de maior e menor diâmetro. À medida que o líquido escoar na tubulação, na região mais espessa verificamos que a altura atingida pelo líquido é maior que na região de menor espessura, isso ocorre devido à pressão estática na região de maior espessura ser maior, e na região de menor espessura, a pressão estática ser menor. Esse aparato é chamado de **Tubo de Venturi** e explica vários fenômenos que ocorrem em nossa volta.

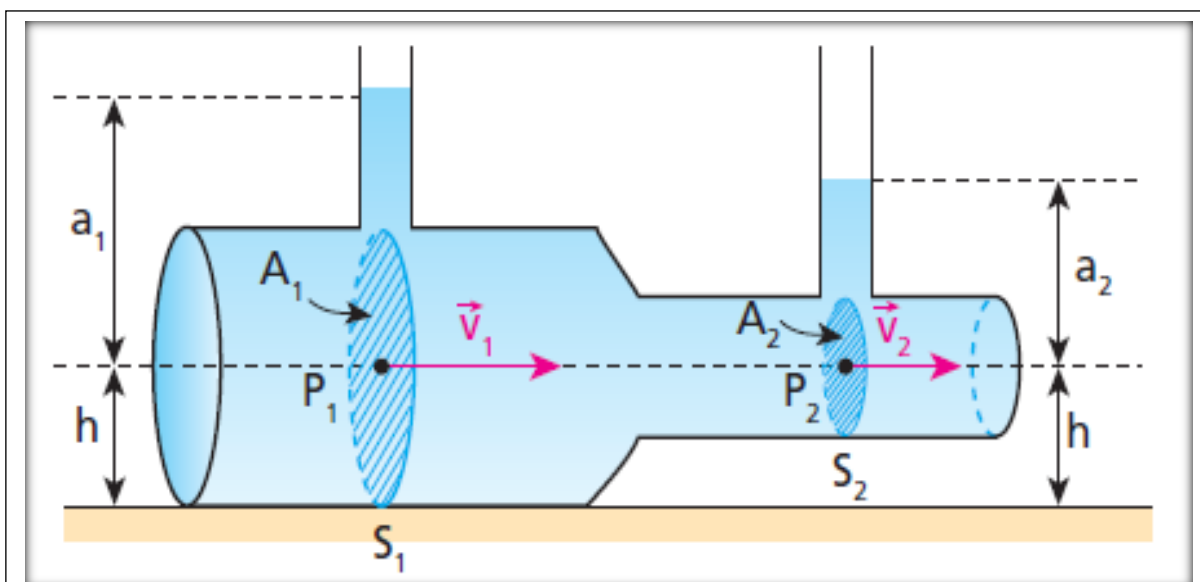


Figura: 47 - Tubulação com áreas de secções transversais diferentes

Fonte: Tópicos da Física (2012)

$$A_1 > A_2$$

$$P_1 < P_2$$

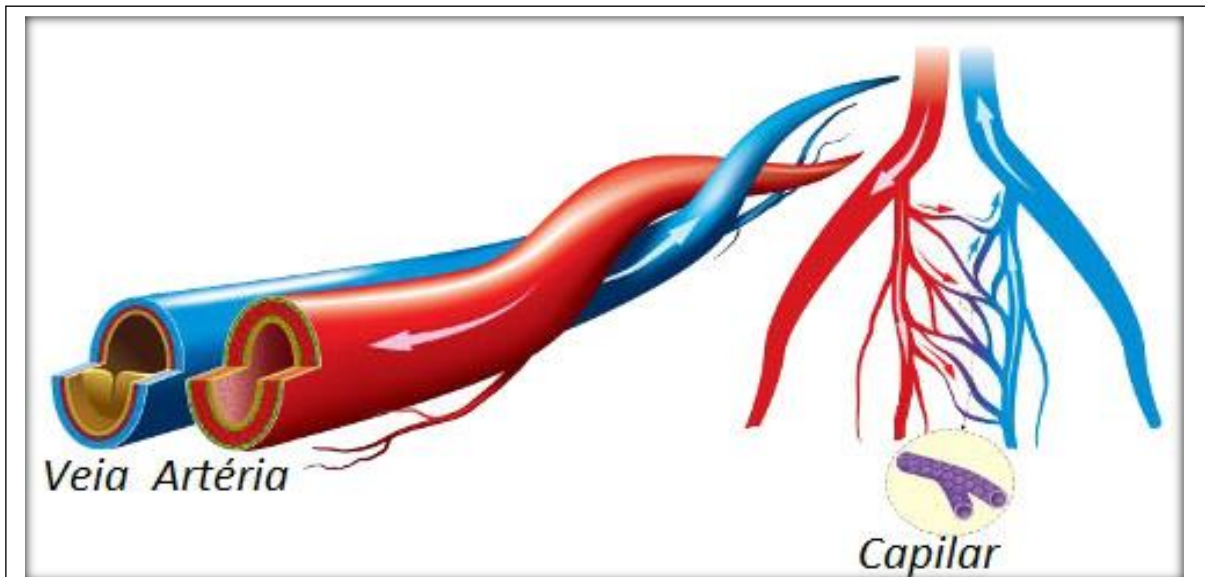


Figura: 48 - Veias e artérias com diâmetros diferentes

Fonte: https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/conteudo_legenda/d0980178dcef4dffbc537a33ce0b9dcc.jp

Podemos observar este comportamento também na circulação sanguínea, admitindo-se condições ideais, em veias e artérias de maior diâmetro teremos uma menor velocidade de escoamento deste sangue e consequentemente uma maior pressão, já em veias e artérias com menor diâmetro teremos uma maior velocidade de escoamento e consequentemente uma menor pressão.

II – Com o líquido em repouso, as pressões dinâmicas serão nulas, logo o teorema de Bernoulli se resume ao Teorema de Stevin da Hidrostática.

Para $V_1 = V_2 = 0$, tem-se:

$$p_1 + dgh_1 = p_2 + dgh_2$$

$$p_1 - p_2 = dg(h_2 - h_1)$$

Eq. (3-9)

3.7 – Aplicações de Bernoulli

Vamos relacionar alguns exemplos de aplicações práticas que podem ser explicadas baseando-se no Teorema de Bernoulli.

3.7.1 – Arrastamento

I - Podemos demonstrar o efeito de arrastamento soprando sobre uma folha de papel que deve ficar abaixo do seu lábio inferior (ver figura 49), como sugere as fotos a seguir. A intensidade da velocidade na parte superior da folha adquirida pela impulsão dos pulmões, faz com que a pressão nessa região fique menor que a pressão exercida sobre a face de baixo da folha, baseando-se no caso particular da aplicação do Teorema de Bernoulli, que prever que para uma maior velocidade teremos uma menor pressão estática, a pressão atmosférica abaixo da folha a força a subir (ver figura 50), ficando esta, praticamente na horizontal.



Figura: 49 - Tira de papel para soprar
Fonte: Elaborada pelo autor



Figura: 50 - Tira de papel soprada
Fonte: Elaborada pelo autor

II – Em caso de tempestade com ventos muito intenso (grande velocidade de ar) pode provocar o destelhamento de diversas construções. Essa é uma consequência prevista na equação de Bernoulli pois a velocidade sobre as telhas é muito maior que abaixo delas. A diferença de pressão acima e abaixo das telhas ocasiona uma força resultante para cima, provocando o destelhamento como mostrado na figura (51) abaixo.



Figura: 51 - Igreja sendo destelhada por ventania

Fonte: <https://www.vocenoticias.com/noticia/12450/telhado-da-igreja-da-divisa-e-destruido-pela-tempestade-desta-terca-feira-30.html>

III – Em cortinas instaladas em janelas abertas podem ser lançadas para fora pela ação do vento. A corrente de ar do lado de fora reduz a pressão do ambiente externo, fazendo com que elas sejam deslocadas no sentido da maior para a menor pressão, o mesmo ocorre com lonas de caminhões em alta velocidade estufam, movendo-se também no sentido da maior para a menor pressão (ver figura - 52). É fácil observar que nesta imagem, a lona que, reveste a carga da carreta, está estufada, isto é um dos vários exemplos da aplicação da prática do Teorema de Bernoulli.



Figura: 52 - Carreta em velocidade com lona estufada

Fonte: <https://lh3.googleusercontent.com/proxy>

A velocidade com que o ar se desloca por cima da carroceria da carreta é relativamente grande, em comparação com a parte de baixo da lona. Isto causa uma diferença de pressão entre a parte de cima e a de baixo e, de acordo com a equação de Bernoulli, quanto menor a velocidade maior a pressão, para uma mesma altura. Como a velocidade do vento embaixo da lona é menor temos, nesta parte, uma maior pressão que estufa a lona. Da mesma forma, copos descartáveis sobre o painel de carro podem sair pelas janelas devido a velocidade do vento fora do carro ser maior, o que acaba tornando a pressão externa menor que a pressão interna expulsando assim o copo.

IV – Se um vento forte soprar paralelo a uma janela esta pode estourar devido a velocidade do vento na parte externa ser muito maior que na parte interna, como a velocidade fora é maior a pressão será menor e na parte interna o ar estará em repouso, logo na parte interna teremos uma maior pressão sobre a janela podendo estourá-la.



Figura: 53 - Janelas estilhaçadas pelo vento

Fonte: <https://oglobo.globo.com/epoca/brasil/vento-estilhaca-janelas-atinge-caixas-de-supermercado-em-sc-veja-video-24781092>

A imagem acima é referente ao estrago de um supermercado, em Itajaí Santa Catarina, onde ventos fortes com cerca de 80Km/h, deixaram um supermercado na Praia Brava com suas vidraças da frente da loja estouradas. Por volta das 4h, uma câmera interna gravou o momento em que as janelas quebram com a força do **vendaval**. As imagens mostram ainda partes do teto soltas, que caíram no chão. Isto foi mais um exemplo do efeito Bernoulli, onde a diferença de velocidade do vento dentro e fora do supermercado causaram uma diferença de pressão. A velocidade externa é maior e interna menor, pois o ar dentro estava em repouso. Isto implica uma pressão interna maior, estourando assim as janelas.

V – Quando um avião está em movimento, o ar passa pelas asas em um fluxo laminar (escoamento uniforme). A força de sustentação do avião depende de muitos fatores, sendo os principais: a velocidade do avião, a curvatura das asas, a área das asas e o ângulo das asas com a horizontal.

As superfícies da asa são construídas de tal maneira que o ar escoa com uma velocidade maior na parte de cima que embaixo dela. A figura (54) mostra as linhas de corrente do ar em torno da secção reta da asa de um avião. As linhas agrupam-se fortemente acima da asa, indicando uma maior velocidade de escoamento. Isso gera uma diferença de pressão de acordo com a equação de Bernoulli.

Essa diferença de pressão gera mais uma força de sustentação para a asa, auxiliando na sustentação do avião e se opondo a sua tendência de queda.



Figura: 54 - fluxo laminar do vento sobre uma asa de avião.

Fonte: <https://nascidosparavolar.files.wordpress.com/2016/08/aviao1.jpg?w=640>



Figura: 55 - Avião se deslocando sobre um fluido, o ar

Fonte: <http://2.bp.blogspot.com/-YQvdcuICwpg/>

Segundo BISCOLO, Gualter José e VILLAS BÔAS, Newton (2012). A velocidade de escoamento do ar é maior na face de cima das asas do avião. Assim, predominam as forças de pressão de baixo para cima, o que dá sustentação à aeronave.

“Com a tração exercida pelos motores, o avião é empurrado para frente, deslocando o ar para trás. ... A curvatura da asa direciona o fluxo de ar resultante do movimento de tração, gerando um empuxo forte o suficiente para superar o peso da aeronave, o que possibilita a sustentação e faz o avião voar”. (https://passageirodeprimeira.com/como-os-avioes-voam/#:~:text=Com%20a%20tra%C3%A7%C3%A3o%20exercida%20pelos,deslocando%20o%20ar%20para%20tr%C3%A1s.&text=A%20curvatura%20da%20asa%20direciona,e%20faz%20o%20avi%C3%A3o%20voar)) [...]

3.7.2 - Efeito Magnus

Goleiros que jogaram contra cobradores de faltas tais como: Juninho Pernambucano, Roberto Carlos, Ronaldinho Gaúcho, Cristiano Ronaldo e Lionel Messi, tiveram pesadelos antes do jogo, principalmente com as cobranças de faltas. Esses jogadores escreveram seus nomes definitivamente na história do futebol como exímios cobradores de falta, devido as suas maneiras peculiares de bater na bola. A bola chutada por eles saía com “grande efeito” saindo com curvas esplêndidas e decidindo jogos. No deslocamento da bola, esta girava em torno do seu eixo central imaginário interagindo fortemente com ar defletindo sua trajetória, dessa forma a bola saía de sua trajetória previsível fazendo os goleiros se desdobrarem para defender tais chutes, o que na maioria das vezes eram frustradas.



Figura: 56 - Goleiro tentando evitar gol produzido com uma bola rodopiando no espaço. Esse é o chamado “Efeito Magnus”.

Fonte: https://static-wp-tor15-prd.torcedores.com/wpcontent/uploads/2018/07/14302703917_99c8d70665_o1.jpg

Uma bola ao ser chutada por um jogador que imprime tais efeitos citados anteriormente, causa dificuldades extremas a maioria dos goleiros, que precisam prever, quase sempre frustrados, a trajetória da bola.

O efeito Magnus também pode ser observado em outros esportes como segundo Helou, Gualter e Newton (Tópicos da Física – 2012).

“Isso também pode ser notado no tênis quando um jogador imprime um topspin. Nessa maneira de golpear a bola, a pequena esfera amarela e felpuda segue rodopiando, o que impõe um itinerário imprevisível que burla o adversário, dificultando um possível contragolpe. A irregularidade nas curvas exibidas por bolas que se deslocam através do ar em movimento conjunto de translação e rotação constitui o chamado efeito Magnus, que recebeu essa denominação em razão das explicações fundamentais dadas pelo físico-químico alemão Heinrich Gustav Magnus (1802-1870) à correta compreensão do fenômeno”.

Heinrich Gustav Magnus (Berlim, 2 de maio de 1802 — Berlim, 4 de abril de 1870) foi um físico alemão. Em suas pesquisas constatou a ocorrência de desvios nas trajetórias balísticas em relação à direção que teoricamente se esperaria, em consequência de um fenômeno que ficou conhecido como efeito Magnus. Magnus também obteve resultados importantes na determinação da velocidade de difusão do hidrogênio. Mediu ainda o grau geotérmico, a dilatação do ar com o calor e descobriu o cloreto platinoso, também chamado sal verde de Magnus. Descobriu ainda o ácido periódico.

https://pt.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Gustav_Magnus

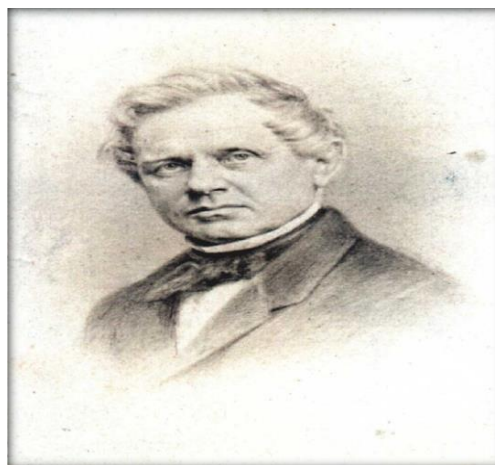


Figura: 57 - Foto de Heinrich Gustav Magnus

Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Heinrich_Gustav_Magnus.jpg

O chute que desafiou a física

Há 24 anos, Roberto Carlos acertava um dos chutes mais espetaculares da história. No dia 3 de junho de 1997, o ex-lateral esquerdo desafiou as leis da física e fez seu gol mais famoso na carreira, cobrando falta com muito (mas muito!) efeito para marcar pela seleção brasileira no empate por 1 a 1 com a França, em partida pela abertura do Torneio da França. A batida de três dedos, que "foge" da barreira dos *Bleus* e faz uma curva incrível, deixa o goleiro Fabien Barthez completamente perplexo, já que a bola parecia se dirigir para a bandeira de escanteio. No entanto, ela acaba "voltando", belisca a trave esquerda do arqueiro e morre no fundo das redes, num lance histórico.

http://www.espn.com.br/noticia/700107_ate-hoje-nao-sei-como-fiz-aquele-gol-ha-20-anos-roberto-carlos-acertava-o-chute-que-desafiou-a-fisicastorico.



Figura: 58 - Falta batida por Roberto Carlos contra a França.

Fonte: http://cdn.espn.com.br/image/wide/960_3cf994dc-df5c-33ee-ad5f-cdaedfd592be.jpg?random=648

Segundo Prof. Dr. José Fernando Fontanari,

"Embora a física explique perfeitamente a trajetória da bola, as condições, como potência do chute, ponto do impacto do pé do Roberto Carlos na bola e distância às traves, que fizeram com que ela ocorresse são tão raras que podemos chamá-la de milagrosa", decreta o Prof. Dr. José Fernando Fontanari, professor titular do IFSC (Instituto de Física de São Carlos) da USP (Universidade de São Paulo) e membro do corpo editorial dos periódicos *Physics of Life Reviews* e *Theory in Biosciences*, em entrevista ao **ESPN.com.br**.

De acordo com o que foi visto em várias reportagens sobre esse jogo, foi constatado que Roberto Carlos, jogador canhoto, estava a 35 m de distância da trave do Goleiro Fabien Barthez, ele chuta a bola rumo ao gol. Veja a ilustração seguir. A bola é disparada com rotação anti-horária, pois o chute é de 3 dedos, o chamado

“Trivela”, como seria visto por um observador que olhasse de cima. Vamos representar a velocidade a angular imprimida a bola no ato do chute de W.

Essa bola fará uma curva para esquerda. Como veremos no esquema a seguir.



Figura: 59 - Ilustração da Falta batida por Roberto Carlos contra a França.

Fonte: <http://cdn.espn.com.br/image/livre/49da06d7-6847-3d69-903a-f513caee1374.jpg>

Acima, uma ilustração representando o efeito Magnus em um chute de falta cobrada por um jogador canhoto.

Considere que V_0 é a velocidade de translação do ar em relação a bola e $V_1 = W.R$ é a velocidade de arraste do ar no ponto B, imposta pelo giro da bola, indicados na figura (60), onde R é o raio da bola. Utilizando a composição de movimentos, teremos que próximo ao ponto A, a velocidade vetorial do ar resultante terá intensidade $V_A = V_0 + V_1$ e próximo ao ponto B, teremos uma velocidade vetorial do ar com intensidade $V_B = V_0 - V_1$. Dessa forma, observamos que $V_A > V_B$.

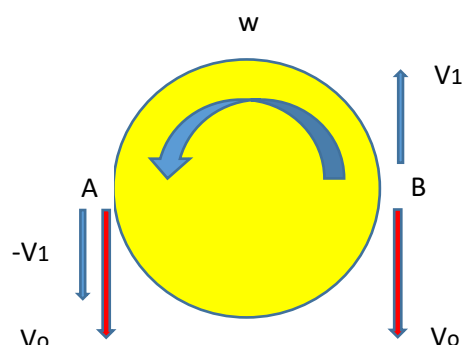


Figura: 60 - Ilustração da trajetória da bola e das velocidades agentes sobre ela.

Fonte: Elaborada pelo autor

Considerando a densidade “d” do ar constante, consoante o teorema de Bernoulli, sendo $V_A > V_B$, teremos uma diferença de pressão no local, $P_A < P_B$. Com isso, a bola recebe do ar uma pressão mais intensa na região do ponto B produzindo uma força resultante para esquerda.

Ainda segundo o Prof. Dr. José Fernando Fontanari que, caso a bola não tivesse entrado no gol e parado nas redes do goleiro Barthez, ela continuaria em uma incrível trajetória de espiral, **como mostra o pontilhado da arte abaixo** figura (61).



Figura: 61 - Ilustração da trajetória da bola

Fonte: <http://cdn.espn.com.br/image/livre/49da06d7-6847-3d69-903a-f513caee1374.jpg>

3.8 – Demonstração da equação de Bernoulli

Vamos considerar o nosso sistema, baseado na figura a seguir, um líquido incompressível, não viscoso, de escoamento estacionário e de densidade constante “ ρ ” que escoa por um trecho do cano, colocado verticalmente sobre um local de gravidade “ g ”. Vamos estudar o deslocamento desse líquido da esquerda para direita compreendido em uma seção “S1” de área A_1 e S2 de A_2 , em um intervalo de tempo, nesta situação iremos considerar a velocidade de escoamento nas seções S1 e S2 de V_1 e V_2 , respectivamente.

Essa porção líquida recebe do fluido fora da região uma força F_1 e F_2 aplicadas a S1 e S2, em que as pressões estáticas são P_1 e P_2 e h_1 e h_2 , as alturas dos centros de S1 e S2 em relação ao nível de referência.

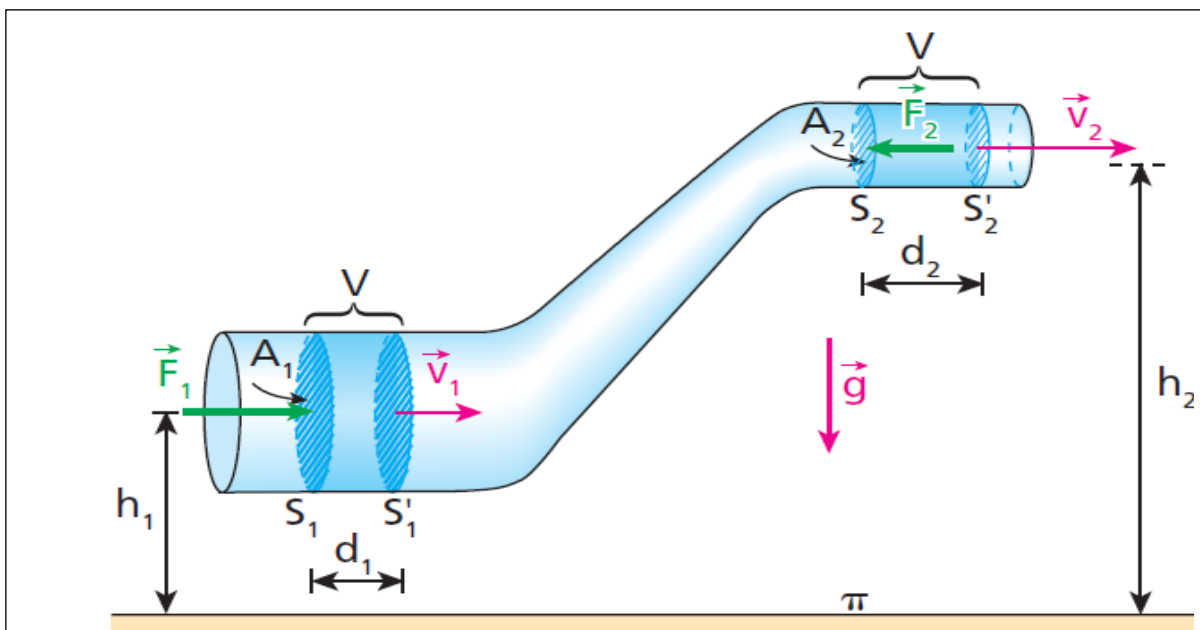


Figura: 62 - Ilustração de um escoamento através de um tubo com secção variável e alturas diferentes.

Fonte: Tópicos da física (2012).

Durante um certo intervalo de tempo, o líquido se desloca nos trechos delimitados entre as secções S_1 e S_1' , S_2 e S_2' .

Consideremos ainda que todo líquido que sair da parte baixa ou esbelta do duto chegará à parte alta e esbelta do mesmo e como o fluido mantém todas as suas propriedades inalteradas, precisaremos apenas analisar o início e o final do trajeto, ou seja, suas extremidades. O volume delimitado pelas secções citadas acima pode ser calculado da seguinte forma:

$$V = A_1 \cdot d_1$$

Eq. (3-10) ou

$$V = A_2 \cdot d_2$$

Eq. (3-11)

Onde d_1 e d_2 são os deslocamentos das massas “ m ” de líquido nas partes baixas e altas do duto.

Vamos aplicar a lei da conservação de energia na forma do teorema do trabalho-energia cinética,

$$\mathcal{T} = \Delta E_c$$

Eq. (3-12)

A qual diz que o trabalho sobre um sistema dever ser igual à variação da energia cinética deste sistema, e neste caso a variação da energia cinética depende da variação da velocidade entre as extremidades do duto, $\mathcal{T}$ e deve valer

$$\Delta E_C = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} \quad \text{Eq. (3-13)}$$

$$\Delta E_C = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2) \quad \text{Eq. (3-14)}$$

$$\Delta E_C = \frac{1}{2} d V(v_2^2 - v_1^2) \quad \text{Eq. (3-15)}$$

Para $m = d V$, onde m é a massa do fluido que entra pela esquerda e sai pela direita da tubulação durante um pequeno intervalo de tempo Δt e “ d ” a densidade do fluido.

O trabalho do sistema vem de duas fontes. O trabalho realizado pelo peso $\mathcal{T}_p$ para elevar a massa do nível de entrada (baixo) até o nível de saída (alto) da tubulação.

$$\mathcal{T}_p = -mg(h_2 - h_1) \quad \text{Eq. (3-16)}$$

$$\mathcal{T}_p = -dVg(h_2 - h_1) \quad \text{Eq. (3-17)}$$

Esse trabalho é negativo, pois o deslocamento do fluido é para cima e o peso é para baixo, logo apontam em sentidos opostos.

Teremos também um trabalho realizado pela força F_1 , sobre o sistema, (extremidade de entrada de da secção S_1), que empurra o fluido para frente ao longo da tubulação e um trabalho realizado pelo sistema na extremidade de saída do sistema que o empurra para a saída do duto.

Neste caso o trabalho é feito por uma força F , que age sobre uma porção de fluido em um duto de área A , para deslocá-lo por uma distância d .

I – Trabalho da força F_1 e F_2

Para:

$$F = P.A \text{ e } V = A.d \text{ e } V_1 = V_2$$

$$\mathcal{C}_{F1} = F_1 d_1 \rightarrow \mathcal{C}_{F1} = P_1 A_1 d_1 \rightarrow \mathcal{C}_{F1} = P_1 V_1$$

$$\mathcal{C}_{F1} = P_1 V \rightarrow (\mathcal{C} > 0 \rightarrow \text{Força no mesmo sentido do deslocamento})$$

$$\mathcal{C}_{F2} = F_2 d_2 \rightarrow \mathcal{C}_{F2} = P_2 A_2 d_2 \rightarrow \mathcal{C}_{F2} = P_2 V_2$$

$$\mathcal{C}_{F2} = P_2 V \rightarrow (\mathcal{C} > 0 \rightarrow \text{Força no mesmo sentido do deslocamento})$$

Logo teremos:

$$\mathcal{C}_f = \mathcal{C}_{F1} + \mathcal{C}_{F2}$$

$$\mathcal{C}_f = (P_1 + P_2)V$$

Eq. (3-18)

II - Teorema do trabalho-energia cinética temos:

$$\mathcal{C}_{\text{total}} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\mathcal{C}_p + \mathcal{C}_F = \frac{1}{2} d V (v_2^2 - v_1^2)$$

Eq. (3-19)

Substituindo eq.1 e eq. 2 na eq. 3 temos:

Eq. (3-20)

$$(P_1 - P_2)V - dVg(h_2 - h_1) = \frac{1}{2}dV(v_2^2 - v_1^2)$$

Assim encontramos:

Eq. (3-21)

$$P_1 + \frac{1}{2}d v_1^2 + d g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}d v_2^2 + d g h_2$$

3.9 – Equação de Torricelli

Consideremos um tanque cilíndrico, com um líquido incompressível, não viscoso e de densidade constante “d”, imagine ainda que um certo atirador acerta este tanque fazendo-lhe um furo a uma distância “h” da superfície da água próximo à base do recipiente, este líquido vazará pelo orifício com velocidade horizontal com representado na figura abaixo.

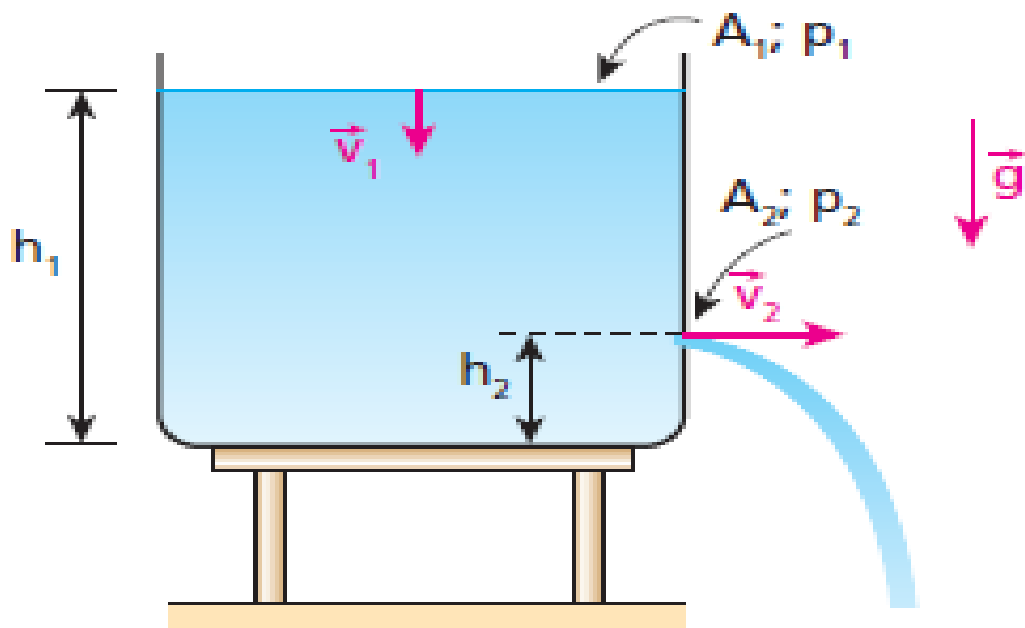


Figura: 63 - Recipiente cilíndrico sobre suporte

Fonte: Tópicos da física (2012).

Vamos aplicar a equação de Bernoulli a este sistema para calcularmos a intensidade da velocidade “V” de escoamento deste líquido que vaza pelo orifício, da velocidade “V” de escoamento deste líquido que vaza pelo orifício, em função da altura ‘h’ que representa o desnível entre o furo e a superfície do líquido.

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Eq. (3-21)

Observando a figura, notamos que o diâmetro do furo é muito menor que o diâmetro do tanque, logo é plausível adotarmos a velocidade V_1 (velocidade de abaixamento do nível do líquido no tanque) é aproximadamente nula $V_1 \rightarrow 0$ notamos ainda que a pressão no topo do tanque é também a pressão que age no furo e ela é a pressão atmosférica, logo as pressões estáticas na superfície do líquido e no orifício são iguais à pressão atmosférica.

Logo teremos que:

$$\frac{1}{2} d v_2^2 = d g (h_1 - h_2)$$

$$\frac{1}{2} d v_2^2 = d g (h)$$

Como $h_1 - h_2 = h$ e $V_2 = V$, teremos a equação de Torricelli.

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

Eq. (3-22)

Que representa a mesma velocidade de queda de um corpo de uma altura “h”.



Figura: 64 - Água escoando através de três orifícios feitos em uma garrafa PET.

Fonte: Tópicos da Física (2012)

Consoante a figura acima percebemos que à medida que o furo fica mais próximo à base temos uma velocidade horizontal maior de escoamento deste líquido e isto está de pleno acordo com a equação de Torricelli a qual prevê que a velocidade de saída de um fluido dobra quando a profundidade do orifício quadruplica.

4 – Sequência Didática

4.1 - Objetivo Geral

Utilizar experimentos de baixo custo em sala de aula ou equipamentos do Corpo de Bombeiros, para despertar o interesse e a curiosidade dos alunos na aprendizagem dos conceitos da hidrodinâmica, via aulas práticas, que podem ser realizadas tanto em sala de aula, com os experimentos de fácil obtenção, quanto com os equipamentos do Corpo de Bombeiros em um espaço não formal de educação.

4.2 – Objetivos Específicos

Como ações para alcançar o objetivo geral, temos os seguintes objetivos específicos:

✓ Planejar uma sequência de aulas teóricas de Hidrostática para os alunos com o intuito de prepará-los para entender os conceitos de Hidrodinâmica que virão.

✓ Planejar uma sequência de aulas teóricas de Hidrodinâmica para que os alunos possam, com os conhecimentos adquiridos, compreender os experimentos que compõem o trabalho.

✓ Elaborar uma avaliação diagnóstica, com perguntas abordando o tema de cada experimento apresentado.

✓ Apresentar, como sugestão, aos professores, experimentos de fácil reprodução, com o intuito principal de promover as discussões, investigações e diagnóstico dos conhecimentos prévios com relação aos conteúdos relacionados ao ensino de Hidrodinâmica, substituindo os experimentos principais, quando na ocasião não for possível, para o professor, levar os alunos a um Quartel do Corpo de Bombeiros.

✓ Elaborar uma avaliação diagnóstica, com Google Forms, visando mensurar os conhecimentos prévios dos alunos no tocante aos conceitos de Hidrodinâmica.

✓ Apresentar os experimentos principais, in loco, explicando e mostrando detalhadamente os fenômenos Hidrodinâmicos presentes.

✓ Aplicar uma avaliação de desempenho dos alunos com relação aos conhecimentos adquiridos e à metodologia aplicada.

4.3 – Conteúdos de Aprendizagem

Hidrostática e Hidrodinâmica

4.3.1 – Conceituais:

Densidade, pressão, **vazão**, equação da continuidade, Teorema de Bernoulli, Demonstração do teorema de Bernoulli e Equação de Torricelli.

4.3.2 – Procedimentais:

Inicialmente, o professor deverá definir os conceitos relacionadas a Hidrostática e a Hidrodinâmica, para que os alunos consigam reconhecer esses conceitos nos experimentos apresentados. Na sequência teremos três experimentos básicos que podem ser desenvolvidos em sala de aula, pelo professor, que servirá como subsídio para o entendimento do funcionamento dos experimentos que serão apresentados no Corpo de Bombeiros Militar.

Em relação aos experimentos que serão apresentados no quartel, deveremos conhecer as partes que compõem os equipamentos a serem utilizados no produto educacional, o proporcionador de espuma e o aspirador de secreção, (chaves, esguicho, mangueiras LGE, tubos e recipientes dos sistemas) e o funcionamento dos mesmos; identificar os fenômenos hidrodinâmicos quando os mesmos estiverem em pleno funcionamento; verificar o comportamento do LGE ao surgir a sucção bem como observar a sucção do líquido com corante, representando uma secreção, ao utilizar o sistema de aspiração de secreção; exemplificar as aplicações cotidianas ao montar esses equipamentos fazendo-os funcionar.

Nesta sequência didática, serão apresentados os objetivos de cada uma das atividades propostas, além do tempo de duração de cada uma delas.

4.3.3 – Atitudinais:

Valorizar seus conhecimentos prévios sobre tais assuntos, levantar hipóteses, e deixar que o conhecimento científico substitua as concepções espontâneas que porventura exista, valorizar a construção do conhecimento por meio da história da ciência, desenvolver atitudes inclusivas no âmbito não formal de sala de aula, refletir sobre a importância dos conceitos relativos à Hidrodinâmica para a compreensão dos fenômenos apresentados no produto educacional e no seu cotidiano.

4.4 – Sequência didática

A sequência didática será dividida em duas partes: sequência de aulas teóricas e sequência de atividades práticas.

4.4.1 – Sequência de aulas teóricas

Serão necessárias, 4 aulas com 50 minutos cada aula.

4.4.1.1 - Hidrostática

Neste conteúdo, falaremos sobre todos os conceitos importantes da Hidrostática, definindo e exemplificando cada um deles, com o intuito de preparar o aluno teoricamente, para compreender tanto os conceitos da Hidrodinâmica, bem como os experimentos secundários e principais apresentados neste Unidade Didática.

✓ Aula – 01 (Densidade e pressão)

Tempo estimado – 25 min

Neste momento serão apresentados os conceitos de densidade, massa específica, unidades, diferenças e semelhanças, bem como apresentação da fórmula e descrição dela.

Conceito de pressão, relação de proporcionalidade com a força e área, suas unidades de medida, exemplos do dia a dia e aplicações;

Pressão hidrostática, demonstração da fórmula, exemplos do dia a dia e aplicações tais como: por que nos furamos ao pisarmos em um prego e ao se deitar em uma cama de pregos, não?

✓ **Aula – 01 (Experiência de Torricelli e Princípio de Stevin)**

Tempo estimado – 25 min

Nesta aula o professor deve falar sobre a experiência de Torricelli, como se deu, historicamente, a descoberta da pressão atmosférica, suas unidades e transformações, como se daria o experimento caso ele utilizasse água no lugar de mercúrio, e aplicações.

Sobre o Princípio de Stevin, deve-se iniciar falando sobre a diferença de pressão em fluido, vasos comunicantes, exemplos do dia a dia e aplicações como a utilização do nível de mangueira do pedreiro.

✓ **Aula – 02 (Princípio de Pascal – prensa hidráulica)**

Tempo estimado – 25 min

Neste momento o professor deve enunciar o princípio de pascal, mostrar onde pode ser aplicado no dia a dia, apresentar sua fórmula, sua relação com o trabalho de uma força, como a expressão de trabalho na definição de pascal, e mostrar aplicações de prensa hidráulica.

✓ **Aula – 02 (Princípio de Arquimedes – Empuxo)**

Tempo estimado – 25 min

Determina-se ao professor, que ele enuncie o princípio de Arquimedes, fale sobre o empuxo, demonstre sua expressão, relacione empuxo com fluabilidade e densidade dos corpos e por fim dê exemplos do dia a dia e faça algumas aplicações tais como: os movimentos dos submarinos é um exemplo das aplicações das teorias de Arquimedes. Portanto, quando o submarino estiver flutuando na superfície o seu peso terá a mesma intensidade do empuxo que incide nele, assim estará em equilíbrio.

4.4.1.2 – Hidrodinâmica

A partir da 3.^a aula, o professor deverá lecionar quatro aulas de Hidrodinâmica, abordando os principais conceitos do conteúdo, para dar embasamento teórico a este aluno, que posteriormente verá experimentos gradativos de Hidrodinâmica.

✓ Aula – 03 (Conceito de vazão e Equação da continuidade)

Tempo estimado – 25 min

O professor deverá iniciar falando sobre vazão, apresentar a fórmula, sua unidade de medida, deverá fazer alguns exercícios relacionados com o cotidiano, bem como apresentar a equação da continuidade para os alunos, especificar cada termo da expressão, apresentar exemplos em que se pode fazer aplicações da equação.

✓ Aula – 03 (Teorema de Bernoulli)

Tempo estimado – 25 min

Nesta aula o professor deverá apresentar aos alunos o teorema de Bernoulli, partindo de figuras ilustrativas onde se pode observar o escoamento incompressível de um líquido, as ações das pressões estáticas e dinâmicas, apresentar ainda aos alunos aplicações práticas desta equação bem como fazer exercícios com ela.

✓ Aula – 04 (Teorema de Bernoulli – casos particulares)

Tempo estimado – 25 min

Agora o professor poderá falar sobre o tubo de Venturi, fazer a aplicação da equação de Bernoulli, neste caso particular, trazer vários exemplos do dia a dia em que exista aplicação prática deste conceito e equação.

✓ Aula – 05 (Teorema de Bernoulli – casos particulares)

Tempo estimado – 25 min

Neste momento, o professor deve falar sobre outro caso particular da aplicação da equação de Bernoulli, que dará origem a equação de Torricelli, após demonstrar a nova equação, deverá descrever cada componente da mesma, dá exemplos no cotidiano de sua aplicação e fazer alguns exercícios para que os alunos possam conseguir entender e relacionar com os experimentos que virão, tanto os iniciais como os experimentos principais, que será demonstrado com os equipamentos do Corpo de Bombeiros Militar.

4.4.2 – Sequência de experimentos de fácil obtenção

Neste momento serão apresentados uma sequência de três experimentos básicos sobre Hidrodinâmica de forma gradativa de complexidade, tanto no entendimento como na confecção deles.

Estes experimentos servirão como alternativas, caso o professor não queira ou tenha tido dificuldade de conseguir levar os alunos ao Corpo de Bombeiros Militar, ou ainda pode servir como experimentos iniciais para capacitar o aluno no tocante ao entendimento dos equipamentos do Corpo de bombeiros Militar, equipamentos estes, que exigirá do aluno, um conhecimento mais abrangente do conteúdo de Hidrodinâmica.

4.4.2.1 - (Experimento – 1) - Elevação de uma folha de papel!

✓ Aula – 01 (Aplicação da avaliação diagnóstica)

Tempo estimado – 25 min

Nesse momento o professor aplicará a avaliação diagnóstica aos alunos, com o objetivo aferir os seus conhecimentos prévios e com isso, saber o melhor método de aplicação do experimento.

✓ **Aula – 01 (Apresentação do experimento)**

Tempo estimado – 25 min

Neste momento será feita a apresentação do experimento, onde o professor, apenas mostrará o equipamento, como foi confeccionado e descrição das suas peças.

✓ **Aula – 02 (Aplicação do experimento)**

Tempo estimado – 25 min

Nesse momento, o professor fará a aplicação do experimento executando todo procedimento necessário ao entendimento do aluno, retomando de forma pontual o conteúdo abordado no experimento, que no caso é a explicação qualitativa da expressão de Bernoulli, para dar subsídio aos alunos responder algumas perguntas, posteriormente.

Objetivos: Ilustrar o princípio de Bernoulli

Material utilizado: uma folha de papel ofício.

Procedimentos: O experimento consiste em segurar uma folha de papel horizontalmente em frente a boca, como ilustram as figuras abaixo, e ao soprar fortemente por cima do papel o fenômeno acontece.



Figura: 65 - Tira de papel para soprar

Fonte: Elaborada pelo autor



Figura: 66 - Tira de papel soprada

Fonte: Elaborada pelo autor

Explicação: Daniel Bernoulli, físico, médico e fisiologista suíço (1700-1782), estudando a relação de várias grandezas e em especial a velocidade de um fluido e a pressão exercida neste, através de uma expressão que relaciona tais grandezas, descobriu um fenômeno interessante no qual hoje leva seu nome, ou seja, o princípio de Bernoulli que diz:

Quando a velocidade de um fluido aumenta em um ponto, a pressão deste fluido diminui naquele ponto.

Baseado neste princípio observa-se que, para qualquer fluido em movimento, no ponto onde este tiver maior velocidade, ali teremos uma menor pressão.

O experimento acima observado nas figuras (65) e (66) retrata muito bem este princípio, pois à medida que o garoto sopra na parte superior da folha, nesta região teremos uma maior velocidade de escoamento do fluido, que no caso é o ar, logo nesta região teremos uma menor pressão, em relação à pressão abaixo da folha, que neste caso é a pressão atmosférica, e isto faz a folha se elevar.

✓ **Aula – 02 (Aplicação e correção da avaliação comparativa)**

Tempo estimado – 25 min

Neste tempo o professor aplicará a avaliação comparativa com quatro questões, visando avaliar o que o aluno aprendeu do conteúdo, e se ele pode relacionar o conteúdo de Hidrodinâmica e em especial o princípio de Bernoulli com seu dia a dia.

4.4.2.2 - (Experimento – 2) - Dinâmica dos fluidos com garrafa PET!

✓ **Aula – 01 (Aplicação da avaliação diagnóstica)**

Tempo estimado – 25 min

Nesse tempo, o professor aplicará a avaliação diagnóstica, cuja função é fazer um levantamento dos conhecimentos iniciais do aluno, para que na explicação do experimento se possa retirar todas as concepções alternativas dos alunos.

✓ **Aula – 01 (Experimento – 2)**

Tempo estimado – 25 min (Apresentação do experimento)

Nesse momento, o professor irá apenas apresentar o experimento, mostrando do que é feito e como foi confeccionado.

Objetivos: Investigar a hidrodinâmica dos fluidos incompressíveis.

Material utilizado: Garrafa PET de 2L, pregos de diâmetros (2,45 + 0,05) mm isqueiro, fita métrica, e água.

Propostas da prática: Pretende discutir e entender o funcionamento da equação de Bernoulli a partir de duas atividades práticas:

1.^a atividade – Consiste na medição direta da velocidade de saída de um jato d'água em um orifício situado na parte inferior de uma garrafa PET de 2 L, ver figura (67), utilizando o conhecimento básico da cinemática do lançamento horizontal e sua comparação com o resultado esperado pela equação de Bernoulli.

2.^a atividade – discute a dinâmica de vazão no caso em que são feitos dois orifícios alinhados horizontalmente na parte inferior de uma garrafa PET, ver figura (68) e no caso em que os orifícios são alinhados verticalmente. Os orifícios nas garrafas foram feitos cuidadosamente com um prego quente de diâmetro $(2,45 \pm 0,05)$ mm.

Atividade - 1 – Será feito um orifício na base inferior da garrafa PET de 2L. A garrafa estará completamente cheia de água com a tampa não rosqueada, pode-se observar o escoamento do líquido de forma contínua, como ilustrado na figura (67) abaixo.

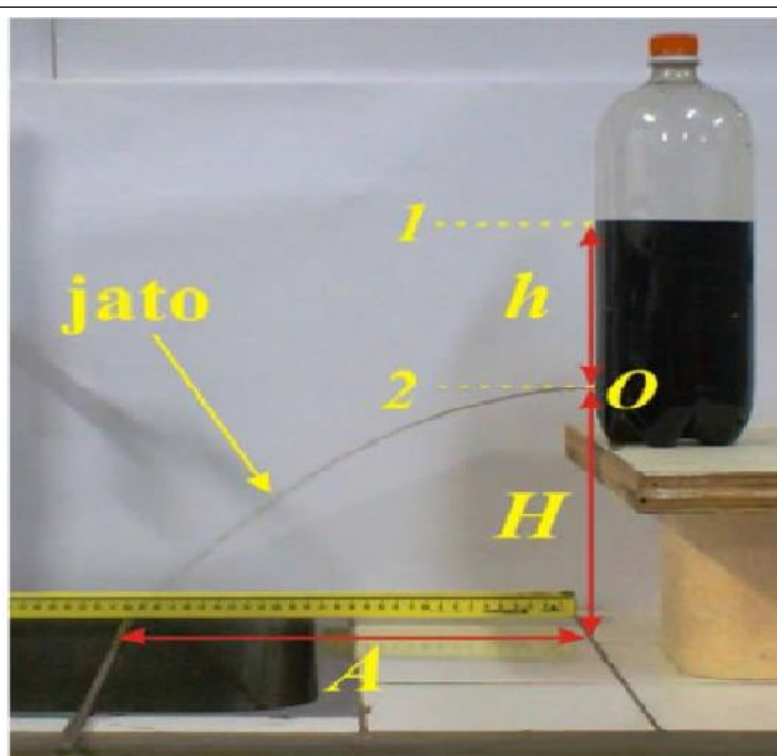


Figura: 67 - Medida do alcance horizontal do jato, proveniente de garrafa PET

Fonte: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/YH7zSNTYwbCZN6HrDLSyYqB/?lang=pt#>

A figura acima possui as medidas de h e H que são respectivamente as medidas da altura do orifício até a linha d'água (ponto 1), e do orifício (ponto 2), até a mesa onde está sendo feito o experimento. O alcance é representado por A , que é o ponto escolhido para realizar todas as medidas. Para que essa medida seja feita com precisão, deve-se rosquear a tampa da garrafa, quando o jato d'água tiver o alcance determinado previamente, ou seja, marcado com uma barra metálica (ou uma linha) colocada perpendicularmente à barra métrica. A linha d'água, ao atingir a altura h ,

deve-se rosquear a tampa da garrafa, mantendo-se constante, para que se possa conseguir realizar todas as medidas com tranquilidade.

A equação (4.1) é a equação de Bernoulli para líquidos incompressíveis, que representa um dos pilares da Hidrodinâmica.

Eq. (4-1)

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Consideremos que as pressões P_1 e P_2 na superfície do líquido e na saída do orifício são iguais à pressão atmosférica local, e como o diâmetro do orifício é muito pequeno em comparação com o diâmetro do recipiente (no caso a garrafa PET), temos que a velocidade com que a linha d'água baixa na garrafa, tende a zero, $V_1 \rightarrow 0$, logo a equação deduzida da equação de Bernoulli resume-se a:

$$v = \sqrt{2gh} \quad \text{Eq. (4-2)}$$

Após os cálculos, foi obtido o valor (1,58) m/s para a velocidade do jato de saída no orifício, para $g=10\text{m/s}^2$ e $h = 0,125\text{ m}$

A outra forma, que será utilizada, consiste em obter a velocidade de saída do jato d'água pelo orifício, recorrendo aos conhecimentos da cinemática do lançamento horizontal, para isso deve-se utilizar as medidas de H e A, que são respectivamente a altura do orifício até a mesa e o alcance horizontal.

$$v_{LH} = A \sqrt{\frac{g}{2H}} \quad \text{Eq. (4-3)}$$

Após os cálculos, foi obtido o valor (1,41) m/s para a velocidade do jato de saída no orifício.

Atividade - 2 – Será discutido a vazão do líquido em dois casos, o primeiro quando se faz dois orifícios alinhados horizontalmente na parte inferior da garrafa PET de 2L com mostrado na figura (7.4) e (7.5), e o segundo caso, quando se faz dois furos alinhados verticalmente, como mostrado nas figuras (68) e (69).

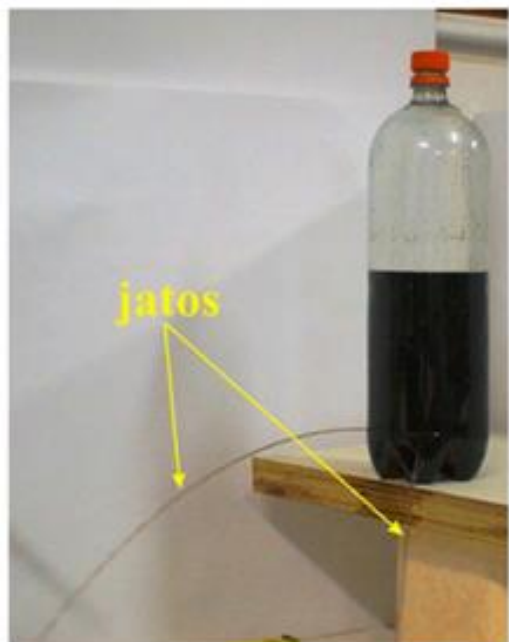


Figura: 68 - Garrafa PET 2L aberta com 2 orifícios alinhados horizontalmente.

Fonte: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/YH7zSNTYwbCZN6HrDLSyYqB/?lang=pt#>



Figura 69 - Garrafa PET 2L fechada com 2 orifícios alinhados horizontalmente.

Fonte: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/YH7zSNTYwbCZN6HrDLSyYqB/?lang=pt#>

Tem-se que na figura (68), é mostrada uma garrafa PET de 2 L que possui dois orifícios alinhados horizontalmente. Quando esta garrafa está cheia e a tampa da mesma não está rosqueada, o jato que sai nos dois orifícios são contínuos e com alcances parecidos, como mostrado na figura (68) – foto à esquerda), de fato não poderia diferir, uma vez que os dois furos possuem distâncias iguais à superfície livre do líquido. Quando a tampa é rosqueada, o fluxo de água em ambos os orifícios é interrompido como na figura (69) - foto à direita). Tanto neste caso como no primeiro, em que só havia um orifício na base da garrafa PET, o fluxo do líquido é interrompido devido à pressão do bolsão formado entre a superfície do líquido e a parte vazia da garrafa, ser muito menor que a pressão atmosférica local. A soma da pressão do bolsão e a pressão da coluna de fluido (neste caso água), é igual à pressão que age

no orifício, logo se a pressão interna total é igual à pressão externa (neste caso pressão atmosférica), não há fluxo de líquido. Por isso a explicação tanto para um orifício quanto para dois alinhados na horizontal será a mesma, já que ambos os orifícios estão a uma mesma altura, h , da linha d'água.

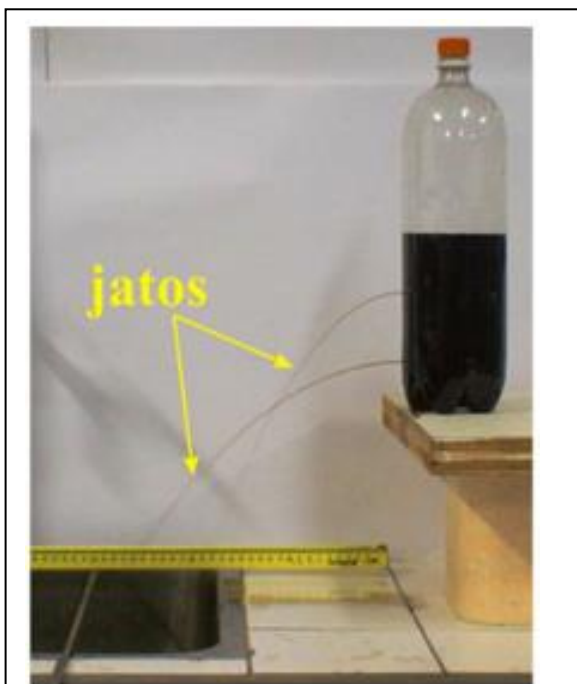


Figura: 70 - Garrafa PET 2L aberta com 2 orifícios alinhados verticalmente.

Fonte: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/YH7zSNTYwbCZN6HrDLSyYqB/?lang=pt#>



Figura: 71 - Garrafa PET 2L fechada com 2 orifícios alinhados verticalmente.

Fonte: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/YH7zSNTYwbCZN6HrDLSyYqB/?lang=pt#>

Tem-se que na figura (70), é mostrada uma garrafa PET de 2 L que possui dois orifícios alinhados verticalmente. Quando esta garrafa está cheia e a tampa da mesma não está rosqueada, o jato que sai nos dois orifícios e possuem alcances distintos, como mostrado na figura ((70) – foto à esquerda), de fato não poderia diferir, uma vez que os dois furos possuem distâncias diferentes à superfície livre do líquido. Quando a tampa é rosqueada, o fluxo de água em ambos os orifícios não é interrompido como ilustrado na figura (71) – (foto à direita).

Toma-se uma garrafa PET de 2L e faz-se dois furos alinhados verticalmente, com a garrafa fechada, fecha-se o primeiro orifício (superior) e percebe-se então que,

o fluxo de líquido não ocorre pelo segundo orifício (inferior). Esses orifícios são distanciados entre si, de Z figura (71). Antes de destampar o furo superior, deve-se determinar a pressão inicial (P_0) para este ponto e para o bolsão de ar confinado entre superfície livre do líquido e a tampa da garrafa.

A pressão da água na altura do orifício superior (ainda fechado) é dada pela Eq. (7-4) e a pressão inicial do bolsão de ar pela Eq. (7-5), onde z representa a distância do orifício superior até a superfície da linha d'água.

$$P(\text{orifício superior}) = P_{\text{atm}} - \rho g Z$$

Eq. (4-4)

$$P(\text{bolsão de ar}) = P_{\text{atm}} - \rho g (Z + z)$$

Eq. (4-5)

À medida que retiramos a vedação do orifício superior, a pressão que age externamente a ele também será a pressão atmosférica (p_{atm}). A pressão interna no orifício superior dada pela Eq. (7-4) é menor que a pressão atmosférica e isto explica o motivo das bolhas de ar adentrarem o orifício e se deslocarem até a superfície do líquido (linha d'água) como mostra a figura (7). A diferença entre as pressões externa e interna no orifício superior é dada por $\rho g Z$. Como a variação de pressão deve ser aplicada em todos os pontos do fluido e nas paredes do recipiente como prever o Princípio de Pascal, a pressão na superfície do líquido passa a ser:

$$P(\text{bolsão ar}) + \rho g Z = P_{\text{atm}} - \rho g z$$

Eq. (4-6)

Neste momento a água começa a fluir pelo orifício inferior. Aplicando-se a equação de Bernoulli (1) nos pontos 1 e 2 que estão localizados respectivamente na superfície do líquido (linha d'água) e no orifício inferior, pode-se demonstrar que a velocidade máxima do jato d'água depende unicamente da distância Z entre os dois orifícios superior e inferior:

$$v_{\text{máx}} = \sqrt{2gZ}$$

Eq. (4-7)

Com esta equação pode-se medir a velocidade máxima que o jato d'água atinge.

Observa-se ainda uma pequena oscilação no alcance do jato, isso se deve ao fato de que, à medida que o nível da água desce, a pressão interna no nível do orifício superior vai se tornando novamente menor que a pressão atmosférica externa. Aqui não teremos uma explicação mais detalhada deste caso particular, por julgarmos não adequado ao ensino médio, pois seria necessário o uso de cálculos superiores como a derivada.

Conclusão: A proposta experimental abordada neste trabalho vem mostrar que é possível, com experimentos de baixo custo, abordar e descrever tópicos da Hidrodinâmica de forma qualitativa, como de forma mais precisa, com medições cuidadosas e comparação de resultado, e desta forma, trazer o aprendizado completo do aluno.

✓ **Aula – 02 (Experimento – 2)**

Tempo estimado – 25 min (Aplicação do experimento)

Nesse momento, o professor irá aplicar o experimento, levantando hipóteses e instigando a curiosidades dos alunos, sem trazer as soluções prontas, deixando que suja a tempestade de ideias na cabeça dos alunos. O professor deve trabalhar como mediador das discussões, promovendo e observando se há alguma concepção espontânea nas respostas dos alunos, catalogando-as para posteriormente retirá-las no momento da explicação do experimento.

✓ **Aula – 02 (Experimento – 2)**

Tempo estimado – 25 min (Aplicação da avaliação comparativa)

Neste tempo o professor irá aplicar o experimento e submeter a turma a avaliação comparativa, composta por quatro questões, visando avaliar o que o aluno aprendeu do conteúdo, e se ele pode relacionar as etapas abordadas no experimento com seu dia a dia.

4.4.2.3 - (Experimento – 3) - Medidor de Venturi de fácil obtenção

✓ Aula – 01 (Aplicação da avaliação diagnóstica)

Tempo estimado – 25 min

Neste momento, o professor deve agir como mediador do conhecimento, realizar perguntas que despertem nos estudantes a curiosidade e possibilitem um debate considerando as concepções iniciais de cada um. Logo, sugere-se 8 questões que podem ser levantadas pelo educador e as possíveis respostas dos discentes:

Segue abaixo sugestão **de avaliação diagnóstica**, com suas possíveis respostas.

1 – Vocês já perceberam que durante dias de intensas chuvas, a água escoe do teto das casas e prédios, muitas vezes por meio de canos e vão para rua?

Possíveis respostas: *já; nunca observei; já percebi, quando chove muito, alaga a rua; entre outras.*

2 – O que será que acontece com toda aquela água que vai para rua?

Possíveis respostas: *deve ir para o esgoto; vai para lagoa que tem perto da minha casa; não sei; vai para o rio; entre outras.*

3 – Como será que eles levam toda essa água para uma lagoa de captação, por exemplo?

Possíveis respostas: *por canos; usando uma bomba; não sei; entre outras.*

4 – Se chover muito o que pode acontecer?

Possíveis respostas: *a rua alaga; a lagoa transborda; acontece enchente; entre outras.*

O professor pode utilizar estas quatro perguntas para explorar problemas urbanos como drenagem e saneamento básico, explicar que a drenagem de águas de chuva não pode ser misturada com esgoto, por isso o saneamento básico é tão importante.

Além disso, pode-se explicar a importância da reutilização da água em estruturas de grande porte como shoppings centers e galpões industriais que acumulam uma abundância de água e reaproveitam essa água em sistemas de hidráulicos e de ar-condicionado.

5 – Vocês já perceberam que em muitas ruas tem tubulações embaixo do chão?

Possíveis respostas: *já; nunca percebi; já, e às vezes o esgoto sobe na rua; entre outras.*

6 – Como será que a companhia de água e esgotos controla toda essa água?

Possíveis respostas: *não sei; deve reutilizar; entre outras.*

7 – Vocês sabiam que tem como medir a vazão dessa água usando um aparelho?

Possíveis respostas: *sim; não; entre outras.*

8 – Vocês sabiam que estes dispositivos não são usados somente em tubulações, mas até em aviões?

Possíveis respostas: *não sabia; sabia, já vi na internet; entre outras.*

✓ Aula – 01 (Apresentação do experimento)

Tempo estimado – 25 min

Agora é interessante mostrar, aos estudantes, imagens reais dos medidores, no caso os mais comuns são: o de Venturi e o de Pitot (este muito utilizado na aviação), como mostrados na Figura abaixo:



Figura: 72 - Medidores de Venturi

Fonte: http://gomez2010.weebly.com/uploads/5/8/0/2/5802271/medidores_de_fluxo_maria.pdf

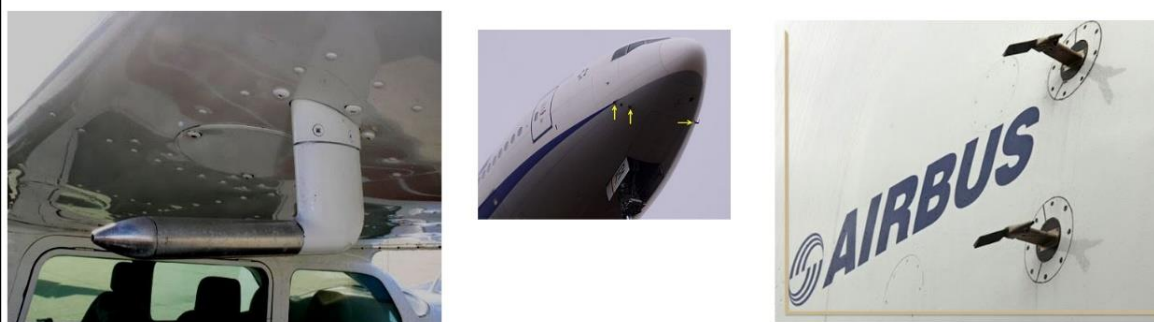


Figura: 73 - Tubo de Pitot

Fonte: <http://culturaaeronautica.blogspot.com/2011/04/tubo-de-pitot-como-funciona.html>

Em seguida, o professor deve inserir os conceitos já trabalhados em sala sobre hidrodinâmica, no contexto dos tubos de Venturi e Pitot, explicando seu funcionamento, e aplicações, até mesmo desenvolvendo ilustrações no quadro como mostram a Figura (74).

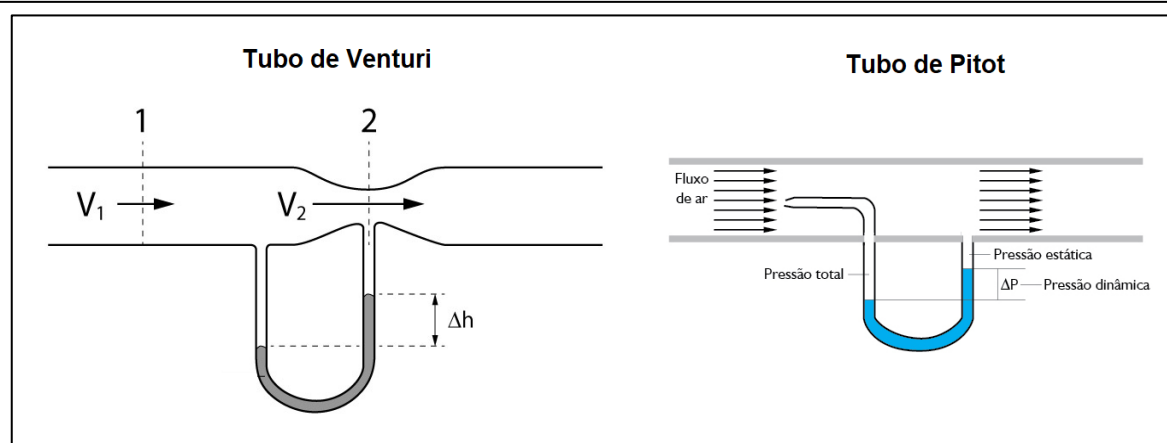


Figura: 74 - Ilustrações dos principais tubos medidores.

Fonte: <https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/1/52/3/8>

Nesta discussão, não é necessário que o professor faça estudos analíticos para encontrar equações que calculem parâmetros, como a velocidade de escoamento, por

exemplo, no entanto, é importante que o professor mostre a equação para o tubo de Venturi, devido à prática experimental e comente alguns termos da equação.

✓ Aula – 05 (Explicação do experimento)

Tempo estimado – 25 min

Medidores e sensores são muito utilizados em aplicações da engenharia. Estes medidores utilizam fluidos como o material sensorial, normalmente possuem a capacidade de medir pressão e velocidade de escoamento. Um dos medidores mais comuns para aplicações em hidrodinâmica, é o medidor de Venturi. É muito utilizado para medir a velocidade de um fluido em uma tubulação.



Figura: 75 - Tubo de Venturi industrial

Fonte: <https://www.ituflux.com.br/tubo-venturi-industrial> (Acesso: 20/11/2021)

O medidor de Venturi consiste num tubo com um estreitamento que pode ser usado para medir a velocidade de um escoamento incompressível. Suponha que pelo tubo escoa um gás de densidade, ρ e que o tubo em U contém um líquido de

densidade ρ_0 . O tubo em “U” tem um dos seus extremos conectado no estreitamento e o outro na zona mais larga do conduto, como pode ser verificado na Figura abaixo.

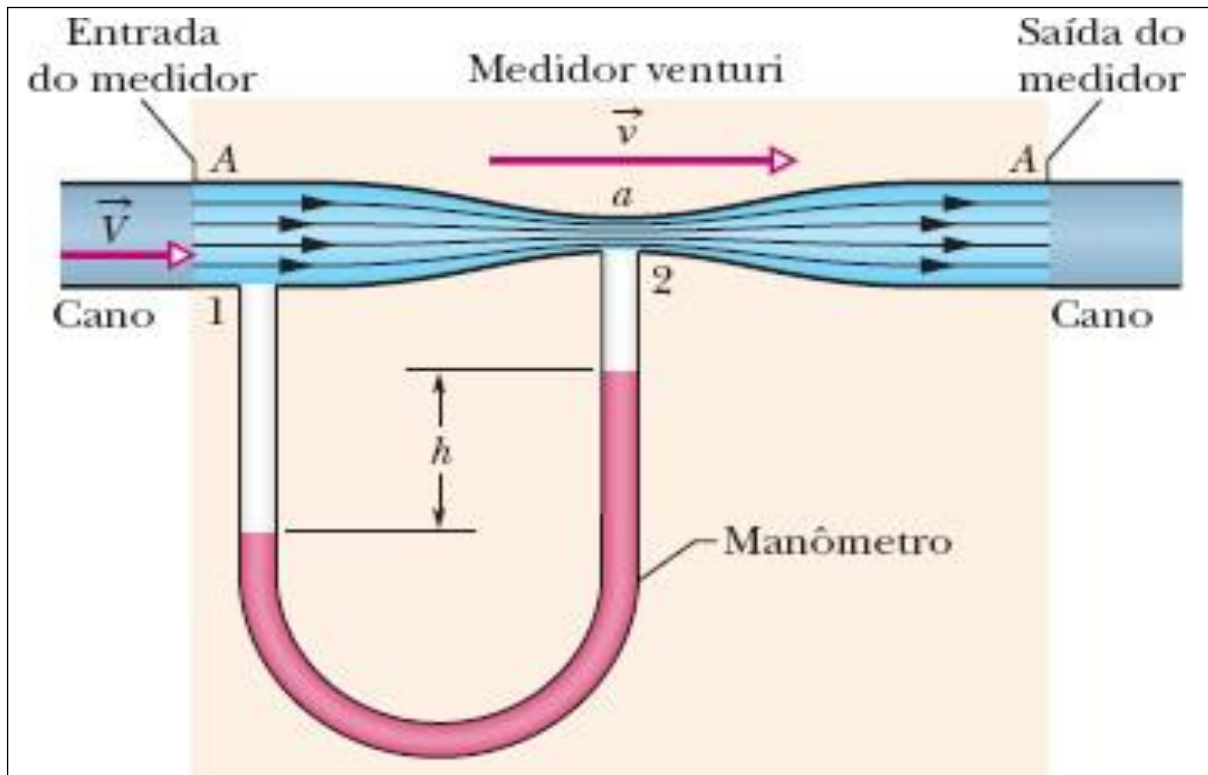


Figura: 76 - Ilustração de um medidor de Venturi

Fonte: Halliday & Resnick (2016)

O fluido, na região mais larga do tubo de área A_1 , possui velocidade de escoamento v_1 e ao encontrar a “garganta” do tubo (região mais estreita de área) A_2 , a velocidade de escoamento v_2 é maior que a velocidade anterior, pois consoante a Equação da continuidade:

$$A \cdot v = \text{Constante}$$

Logo, existe uma relação de inversa proporcionalidade entre a área do conduto e a velocidade. Sendo assim, na região 2 a área diminui com relação à região 1, portanto, a velocidade na região 2 aumentará, mantendo assim o valor do produto constante.

Além disso, percebe-se que no tubo em formato de U (manômetro), existe uma diferença de altura no nível da água, logo, pode-se concluir que existe uma diferença de pressão entre as regiões 1 e 2 do tubo. Observa-se que a coluna 2 é maior que a coluna 1, revelando uma diferença de pressão entre as regiões, concluindo-se que a pressão no ponto 1 é maior que no ponto 2.

No ponto 1, temos as seguintes coordenadas:

$$v_1, A_1, \rho, P_1 \text{ (variáveis no ponto – 1)}$$

No ponto 2, temos as seguintes coordenadas:

$$v_2, A_2, \rho, P_2 \text{ (variáveis no ponto – 2)}$$

Como a vazão é constante, então:

$$v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \quad \text{Eq. (4-8)}$$

A diferença de pressão é dada pela pressão na garganta menos a pressão no tubo.

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

Como:

$$P_1 > P_2$$

Logo:

$$\Delta P < 0$$

Aplicando a equação de Bernoulli, temos:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad \text{Eq. (4-9)}$$

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 - P_1 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Logo:

$$v_1^2 = \frac{2\Delta P}{\rho} + v_2^2$$

Como:

$$v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$$

Então:

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot A_1}{A_2}$$

Substituindo na equação anterior temos:

$$v_1^2 = \frac{2\Delta P}{\rho} + \left(\frac{v_1 \cdot A_1}{A_2}\right)^2$$

Sendo assim a velocidade de escoamento é dada por:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P \cdot A_2^2}{\rho(A_2^2 - A_1^2)}} \quad \text{Eq. (4-10)}$$

Sendo a diferença entre as áreas:

$$(A_2^2 - A_1^2) < 0$$

Como:

$$\Delta P < 0$$

Logo a razão:

$$\frac{2 \cdot \Delta P \cdot A_2^2}{\rho(A_2^2 - A_1^2)} > 0$$

É possível observar que a diferença de pressão no tubo em U, é dada por:

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

A diferença de pressão ΔP pode ser calculada por:

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\Delta P = \rho_0 \cdot g \cdot h_2 - \rho_0 \cdot g \cdot h_1$$

$$\Delta P = \rho_0 \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\Delta P = \rho_0 \cdot g \cdot h \quad \text{Eq. (4-11)}$$

Portanto, a medida da velocidade de escoamento de um fluido utilizando um tubo de Venturi pode ser escrita da seguinte forma:

$$V_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_0 \cdot g \cdot h \cdot A_2^2}{\rho (A_2^2 - A_1^2)}} \quad \text{Eq. (4-12)}$$

Logo, é necessário conhecer alguns parâmetros para obter a velocidade de escoamento do fluido: as áreas ao longo do tubo, a densidade do fluido que se quer obter, a velocidade e a densidade do fluido usado no manômetro. O único valor que é medido é a diferença de altura (h) no manômetro. Assim, substituindo os valores na equação da velocidade, é possível estimar a velocidade de escoamento do fluido ao longo do conduto (exceto na região de estreitamento).

Para calcular a velocidade do escoamento na região da “garganta”, basta utilizar a equação da continuidade, após obter o valor da velocidade, v_1 logo:

$$V_2 = \frac{v_1 \cdot A_1}{A_2} \quad \text{Eq. (4-12)}$$

Normalmente, o medidor de Venturi é colocado em uma parte da tubulação, para se medir a velocidade de escoamento, logo, não se está interessado a velocidade na região de estreitamento.

Pela complexidade matemática, este medidor é normalmente estudado em cursos de nível superior, em cursos de Engenharia e Física. No entanto, é possível introduzir conceitos básicos acerca de hidrodinâmica no ensino básico, desde que o professor atue como mediador do conhecimento e esteja preparado para os desafios das práticas experimentais.

Uma forma de construir um medidor de Venturi de baixo custo, é utilizar duas garrafas pet, uma mangueira de nível transparente, régua ou paquímetro, fitas adesivas, tesouras e cola. Pode-se utilizar um ventilador, ou um secador de cabelo, para assim utilizar o ar como o fluido em movimento através do tubo, e usar água com algum corante, como o fluido do manômetro, como mostra a Figura (77).

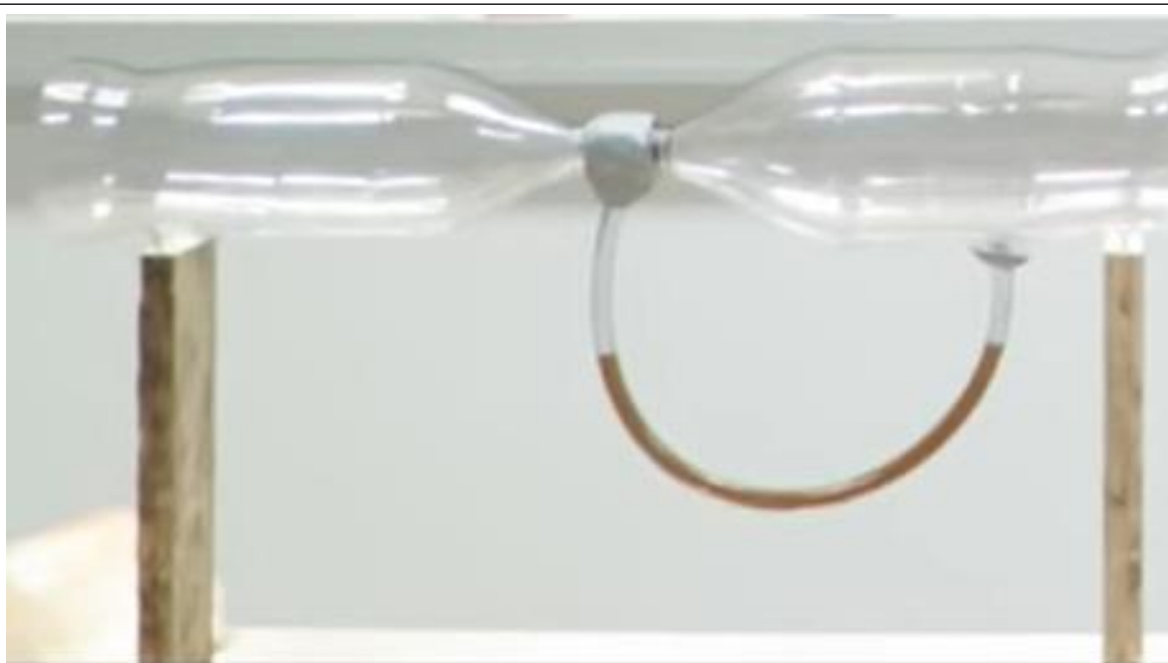


Figura: 77 - Medidor de Venturi de fácil obtenção

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=R1kjfHtl9xc&ab_channel=ProfessorRafaelCampos (Acesso: 20/11/2021)

Deve-se retirar o fundo das garrafas, e em seguida com o auxílio de um paquímetro medir o diâmetro interno da região mais larga da garrafa como também da região mais estreita (abertura da tampa). Logo após, unir as regiões mais estreitas usando uma fita adesiva ou uma cola. Em seguida, deve-se fazer um buraco com o diâmetro aproximado da mangueira de nível, em cada região do medidor (região mais larga e a região mais estreita) para assim acoplar a mangueira já com água, como mostrado na Figura (77).

✓ Aula – 02 (Prática Experimental – aplicação)

Tempo estimado – 25 min

Inicialmente o professor, deverá apresentar o medidor de Venturi construído, para os alunos, e compará-lo com os desenhos feitos no quadro na aula anterior.

Para a realização do experimento recomenda-se adotar os seguintes dados:

- Densidade da água: $1,00 \text{ g/cm}^3$
- Densidade do ar: $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$
- Aceleração da gravidade: 980 cm/s^2
- OBS: É recomendável usar medidas em centímetros devido o experimento ser pequeno, fazendo isto, unificamos as unidades.

Então o professor deve apoiar o secador ou o ventilador na entrada do tubo, e pedir para os seus alunos medirem a diferença de altura (h) com o auxílio de uma régua. Pode-se repetir a prática para diferentes velocidades que o aparelho possua, e assim montar grupos e pedir que os alunos, calculem os valores da velocidade de escoamento de posse da equação de v_1 e preencham a seguinte tabela:

Nível de velocidade do aparelho	$h(\text{cm})$	$v_1(\text{cm/s})$
1		
2		
3		

Por fim, o professor poderá discutir os resultados com os grupos e introduzir outras problemáticas inseridas nas práticas experimentais, como análise estatísticas e erros experimentais.

✓ **Aula – 02 (Prática Experimental – avaliação comparativa)**

Tempo estimado – 25 min

Neste momento, serão aplicadas 8 questões avaliativas, com o intuito de mensurar a fixação dos conteúdos ministrados aos alunos. Esses conteúdos estão relacionados ao experimento aplicado e será de grande valia para o entendimento dos conteúdos posteriores relacionados com os próximos experimentos. É importante ressaltar que se sugere repetir algumas questões da avaliação diagnóstica para efeito de comparação das respostas antes e depois do conteúdo ministrado.

4.4.3 – Experimentos principais

- Aspirador de secreção usado na Ambulância.
- Proporcionador de espuma usado no caminhão de incêndio

4.4.3.1 - Objetivo Geral

Utilizar equipamentos do Corpo de Bombeiros Militar para despertar o interesse e a curiosidade dos alunos na aprendizagem dos conceitos da Hidrodinâmica, através aulas práticas em um espaço não-formal de educação.

4.4.3.2 – Objetivos específicos

Levar os alunos para vivenciar, na prática, as aplicabilidades do teorema de Bernoulli, utilizando para isto, experimento, em um espaço não formal de aprendizagem com os equipamentos do Corpo de Bombeiros Militar, tais como: proporcionador de espuma do caminhão de incêndio;

Observar, manipular e descrever e o sistema de aspiração de secreção usado na ambulância do Corpo de Bombeiros Militar, baseando-se no conceito do tubo de Venturi.

4.4.3.3 - Conteúdos de Aprendizagem

Conceituais:

Vazão, Equação da continuidade, Teorema de Bernoulli, Demonstração do teorema de Bernoulli e Equação de Torricelli.

Procedimentais:

Conhecer as partes que compõem os equipamentos a serem utilizados no produto educacional, ***o proporcionador de espuma e o tubo de Venturi***, (chaves, esguicho, mangueiras, LGE, tubos e recipientes dos sistemas) e o funcionamento dos mesmos; identificar os fenômenos hidrodinâmicos quando os mesmos estiverem em pleno funcionamento; verificar o comportamento do LGE ao surgir a sucção bem como observar a sucção do líquido com corante, representando uma secreção, ao utilizar o tubo de Venturi; exemplificar as aplicações cotidianas ao montar esses equipamentos fazendo-os funcionar.

Atitudinais:

Valorizar seus conhecimentos prévios sobre tais assuntos, levantar hipóteses, e deixar que o conhecimento científico supere as concepções espontâneas que porventura exista, refletir sobre a importância dos conceitos relativos à hidrodinâmica para a compreensão dos fenômenos apresentados no produto educacional e no seu cotidiano.

4.4.3.4 – Sequência de atividades

Na sequência de atividades, estão descritos os passos seguidos pelo professor em cada um dos encontros propostos de uma forma bastante detalhada. Na sequência didática, são apresentados os objetivos de cada uma das atividades propostas, além do tempo de duração de cada uma delas.

A sequência didática é pautada nos três momentos pedagógicos, de Delizoicov e Angotti (1992). A **problematização inicial**, na qual o professor deve promover uma “tempestade de ideias” na cabeça do aluno, excitando-os e instigando-os a expor seu entendimento sobre o tema apresentado. Lembrando que o professor em nenhum momento deverá apontar as respostas, ele deve agir como mediador das discussões incentivando o debate e promovendo o diálogo entre os participantes do grupo. Foram elaboradas cinco questões diagnósticas para os alunos, onde deixarão latentes, suas dúvidas e concepções alternativas, colaborando para que o professor tenha todas as informações necessárias para a aplicação do próximo momento pedagógico, que será a **organização do conhecimento**, na qual o professor deverá inserir todo conhecimento científico, estruturando e usando toda metodologia necessária para o entendimento dos conceitos científicos. Ainda nesta etapa, o professor deve fazer os experimentos e retirar todas as dúvidas colhidas na etapa anterior. Por fim teremos a **aplicação do conhecimento** onde o professor aplicará cinco questões, na avaliação comparativa para medir o aprendizado dos alunos e fazer possíveis ajustes no que for preciso. É nesta etapa onde os alunos deverão ter o conhecimento necessário para aplicá-los nas situações problemas do dia a dia, conseguir explicar os fenômenos científicos com propriedade, e em se tratando do Produto Educacional aqui aplicado, deverá saber montar, utilizar e explicar fisicamente o seu funcionamento.

4.4.3.5 - (Experimento – 1) - Aspirador de secreção - VTR

✓ Aula – 01 (Avaliação diagnóstica)

Tempo estimado – 25 min

Foi elaborado um formulário com cinco perguntas problematizadoras sobre o aspirador de secreção tanto fixo na régua de gases da ambulância quanto o móvel (portátil).

✓ Aula – 01 – (Apresentação dos componentes do experimento)

Tempo estimado – 25 min

Nessa aula, terá a apresentação dos componentes do sistema de aspiração de secreção por tipo Venturi. que serão utilizados na sequência das aulas, com o objetivo

de aproximar os conceitos da hidrodinâmica à realidade dos alunos, mostrando-os que ela é empregada em vários lugares como nas ambulâncias tanto do CBM-RN, SAMU como em quaisquer outras. Na apresentação deste equipamento, o professor irá destacar todos os componentes que constituem o mesmo: cilindros de O_2 , manômetro, régua de gases, fluxômetro, frasco de polycarbonato para depósito de secreção, tubo de látex cirúrgico, sonda traqueal, e em seguida, montará o sistema para que os alunos, em grupo, vejam e depois montem o sistema e observem o fenômeno. O professor deve dividir os alunos em grupos de 10 alunos, para observar, a fim de que seja garantida observação perfeita da montagem, funcionamento e dos fenômenos Físicos envolvidos.



Figura: 78 - Cilindros de Oxigênio (O_2), conectados a uma mangueira de saída.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Observe na figura (78) acima que, os **Cilindros de oxigênios (O_2)** estão interligados para oferecer uma maior demanda de Oxigênio à régua de gases, onde

serão colocados tanto equipamentos para aspiração de secreção como equipamentos para ministração de oxigênio puro às vítimas que deste tratamento necessite.

Será apresentado aos alunos, o **Manômetro** (medidor de pressão de fluidos), figura (79) conceituando e mostrando, na prática, o princípio do seu funcionamento.



Figura: 79 - Manômetro do cilindro de Oxigênio (O₂).

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Será apresentado aos alunos **Painel ou Régua de gases** conforme figura (80) e (81) abaixo, onde serão conectados os equipamentos tanto para ministração de O₂ quanto para aspiração de secreção.



Figura: 80 - Régua de gases com quadro de tomadas e luzes indicadoras.

Fonte: Elaborada pelo autor.



Figura: 81 - Régua de gases.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Será mostrado o **Fluxômetro** como mostrado na figura (82) abaixo, que é um aparelho usado em procedimentos clínicos e médicos para medir e controlar o fluxo de Oxigênio, ar comprimido e outros gases medicinais.



Figura: 82 - Fluxômetro.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O professor mostrará aos alunos o elemento mais importante do sistema, o **Frasco de polycarbonato para depósito de secreção**, conforme figura (83) abaixo, e é nele que o fenômeno acontece, pois, acoplada a sua tampa existe uma peça metálica onde acontecerá o estrangulamento do gás Oxigênio, e é neste ponto em que a pressão diminui fazendo a sucção da secreção por efeito Venturi.



Figura: 83 - Frasco de policarbonato para depósito de secreção.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda na apresentação dos equipamentos que compõem o sistema de aspiração de secreção, os alunos verão o **Tubo de látex cirúrgico** conforme a figura (84), e que mesmo possui outras várias utilidades tais como: transportar gás Oxigênio e outros procedimentos laboratoriais não cirúrgicos, será utilizado aqui, como extensor de passagem para o procedimento de aspiração de secreção de fluidos.



Figura 84: Tubo de látex cirúrgico.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Será apresentada a **Sonda de respiração traqueal**, conforme figura (85) abaixo, ela é confeccionada em tubo de PVC, atóxico, epirogênico, cristal transparente de paredes finas e maleáveis, com 50 cm de comprimento e nos calibres 04, 06 e 08 (infantil), 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24 (adulto) com ponta arredondada e aberta, com 02 furos laterais e provida na outra extremidade de um conector padrão ou conector em Y para controle da aspiração.



Figura: 85 - Sonda de respiração traqueal.

Fonte: Elaborada pelo autor.

✓ Aula – 02 - (Montagem e Manipulação)

Tempo estimado – 25 min

Agora, após a apresentação, terá a manipulação e montagem dos equipamentos, feitos pelo professor, este, dividirá a turma em pequenos grupos de cinco alunos, e eles repetirão todos os procedimentos feitos pelo professor, montando o sistema de aspiração de secreção da VTR, e explicando os fenômenos físicos observados, baseados no Princípio de Bernoulli e Efeito Venturi. Feitas as devidas observações pelo professor, este deverá aplicar, para toda a turma, cinco questões comparativas, que servirão para avaliação do aprendizado teórico/prático dos alunos.

4.4.3.6 - (Experimento – 2) - Aspirador de secreção - PORTÁTIL

✓ Aula – 02 - (Apresentação dos componentes do experimento)

Tempo estimado – 25 min

Apresentação dos equipamentos que compõem o **Sistema de aspiração de secreção portátil**, o qual difere do fixo, que se encontra na VTR, por poder ser transportado para perto das vítimas e assim poder oferecer um serviço mais rápido sem a necessidade de a vítima ser levada ao hospital ou até mesmo à VTR, no caso desta não ter possibilidade de chegar até o local da ocorrência. Este sistema possui boa parte dos equipamentos usados no sistema fixo, porém o cilindro de O_2 , geralmente de 625L (ver figura 86) pode ser levado até o local da ocorrência. O oxigênio é acondicionado em cilindro de aço ou alumínio. Segundo as normas internacionais, o cilindro deverá estar pintado na cor verde, quando para uso



Figura: 86 - Cilindro de Oxigênio (O_2) com 625L

Fonte: Elaborada pelo autor.

medicinal. O **Cilindro de O₂ do sistema portátil** possui um manômetro (medidor de pressão de fluido) acoplado a ele e na sua extremidade será conectado os demais componentes.

Será apresentado o **Fluxômetro** (ver figura 89) que tem função de medir o fluxo de O₂ que passa no sistema, com o intuito de regular melhor esta passagem de O₂ de forma coerente com o tipo de fluido a ser aspirado. O conjunto Manômetro fluxômetro destina-se a reduzir a alta pressão do interior do cilindro (150-200 kgf/cm²) para uma pressão de consumo em torno de 3 a 5 kgf/cm². O **Manômetro**, como ilustrado na figura (87), indica em kgf/cm² a quantidade de O₂ no interior cilindro e o fluxômetro destina-se a controlar e dosar, em litros por minuto, a administração de oxigênio



Figura: 87 - Fluxômetro do sistema de aspiração de secreção portátil

Fonte: Elaborada pelo autor.



Figura: 88 - Manômetro do sistema de aspiração de secreção portátil
Fonte: Elaborada pelo autor.

O professor apresentará mais uma vez o **Frasco de polycarbonato para depósito de secreção**, (figura 89) onde de fato acontece o efeito Venturi. Este frasco possui um interruptor de fluido, que funciona como uma espécie de boia, evitando que, no frasco, haja um aumento do material particulado, o qual nesse tempo de pandemia aumentaria o risco de contaminação, uma vez que estas partículas de fluidos ficam dispersas no ar e podem, na hipótese de uma vítima com Covid-19, contaminar o socorrista.



Figura: 89 - Frasco de policarbonato para depósito de secreção do sistema portátil de aspiração de secreção.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Serão apresentadas as Mangueiras que são **Tubos flexíveis** confeccionado em silicone ou similar, (figura 90). É acoplado ao equipamento e conduz oxigênio até a máscara facial, que permite a administração de O_2 ao paciente ou ainda para fazer aspiração de secreções em pacientes que dela necessitem.



Figura: 90 - Mangueira de silicone flexível para acoplar no sistema portátil de aspiração de secreção.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Será ainda mostrado para os alunos um **Cateter ou sonda de aspiração**, como mostrado na figura (91), abaixo. Este Cateter, é um Tubo utilizado para aspirar secreções, sendo mais indicado para atendimento pré-hospitalar, o tubo rígido, este em conjunto com o aspirador manual.



Figura: 91 - Cateter de respiração traqueal.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a apresentação de todos os equipamentos, o professor montará o **Sistema de aspiração de secreção** conforme a figura (92) abaixo e mostrará aos alunos o princípio de Bernoulli, na prática, e o efeito Venturi a medida em que o líquido estiver sendo aspirado pelo sistema, este líquido será água com um corante, para que o fenômeno seja bem observado pelos alunos, em seguida o professor dividirá em grupos de 5 alunos para que eles manipulem os equipamentos e montem o sistema, observando e explicando o princípio de Bernoulli e o Efeito Venturi.



Figura: 92- Sistema de aspiração de secreção portátil.

Fonte: Elaborada pelo autor.

✓ Aula – 03 (Montagem e Manipulação)

Tempo estimado – 25 min

Após a apresentação, manipulação e montagem dos equipamentos, feitos pelo professor, este, dividirá a turma em pequenos grupos de cinco Alunos, e eles repetirão todos os procedimentos feitos pelo professor, montando o sistema de aspiração de secreção da VTR, e explicando os fenômenos Físicos observados, baseados no Princípio de Bernoulli e Efeito Venturi. Feitas as devidas observações pelo professor, este deverá aplicar, para toda turma, a Avaliação Comparativa.

✓ **Aula – 03 (A avaliação comparativa)**

Tempo estimado – 25 min

É a avaliação aplicada ao final de uma aula para avaliar de forma pontual se o aluno compreendeu o conteúdo ensinado naquele dia.

4.4.3.7- (Experimento – 3) – Proporcionador de espuma

✓ **Aula – 01 (A avaliação diagnóstica)**

Tempo estimado – 25 min

Foi elaborado um formulário com cinco perguntas problematizadoras, referente à avaliação diagnóstica sobre ***proporcionado de espuma entre linha***. Essa avaliação tem o intuito de colher os conhecimentos prévios dos alunos, para posteriormente aplicar o experimento de forma eficiente, retirando, dos alunos, todas as concepções alternativas.

✓ **Aula – 01 (Apresentação do proporcionador de espuma)**

Tempo estimado – 25 min

Nesta aula inicial, dividiremos em grupos de dez alunos para uma melhor visualização dos equipamentos. Faremos inicialmente uma apresentação da VTR – ABTS-03 (caminhão de incêndio) e em seguida os equipamentos formadores de espuma tais como: proporcionador de espuma, esguicho lançador, esguicho regulável, mangueira de ½”, e por fim o LGE (líquido gerador de espuma) que será usado na formação de espuma.

Será a apresentado aos alunos o ***proporcionado de espuma entre linhas***, como mostrado na figura (93) abaixo. Segundo o Manual técnico de Bombeiros MTB-43, de São Pulo (2006, p. 19), O proporcionador de espuma entre linhas é chamado assim, pelo mesmo ser acoplado entre dois lances de mangueiras, a figura (94), retrata bem o que foi dito acima. Na mangueira dele tem-se, na extremidade, um cano metálico que segundo o MTB-43, de São Pulo (2006, p. 21), é um dos dispositivos de sucção do LGE e deve ser introduzido no recipiente que contém o líquido gerador de

espuma (LGE). O proporcionador entre linhas possui uma válvula que regula a dosagem correta da mistura de água e LGE, que geralmente possui uma regulagem que varia de 1% a 6%, como descrito no detalhe da figura (93).

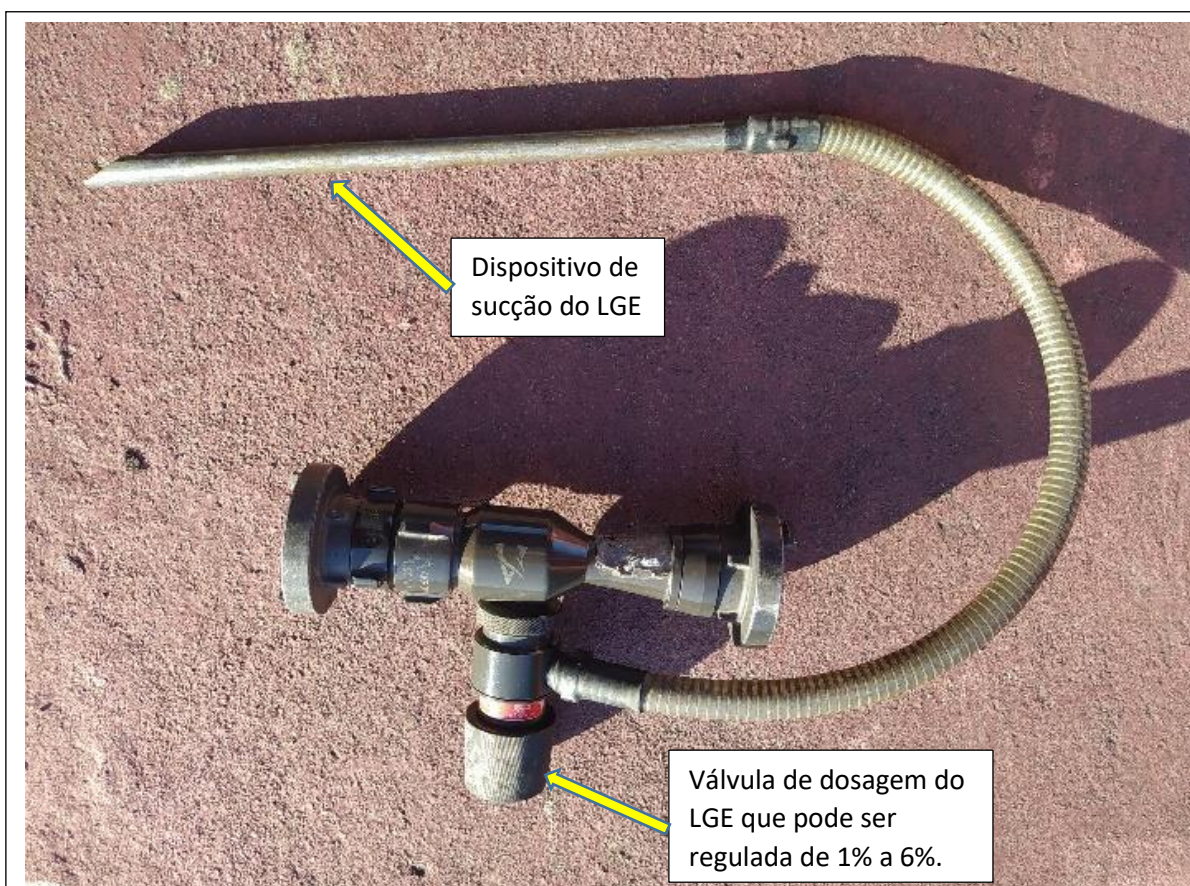


Figura: 93 - Proporcionador de espuma.

Fonte: Elaborada pelo autor.



Figura: 94 - Entrelinhas e detalhe do tubo de sucção ou tubo pick-up.

Fonte: Manual técnico de Bombeiros (MTB-43) do Estado de São Paulo.

Segundo o manual técnico de Bombeiros do Estado de São Paulo (MTB-43), (2006, p. 18) diz que:

“O proporcionador de linha, redutor, ou entrelinhas trabalha com o princípio de Venturi. A água é introduzida sob pressão na entrada do equipamento e passa por um orifício reduzido, que aumenta a velocidade da água, fazendo com que o tubo coletor realize a sucção do EFE”. [...]

No caso do equipamento que está se abordando neste tópico o líquido que sofrerá sucção será o LGE (líquido gerador de espuma). Tem-se abaixo na figura (95) uma ilustração do funcionamento do equipamento fazendo a sucção do líquido gerador de espuma e posteriormente fazendo a mistura com água, resultando na espuma.

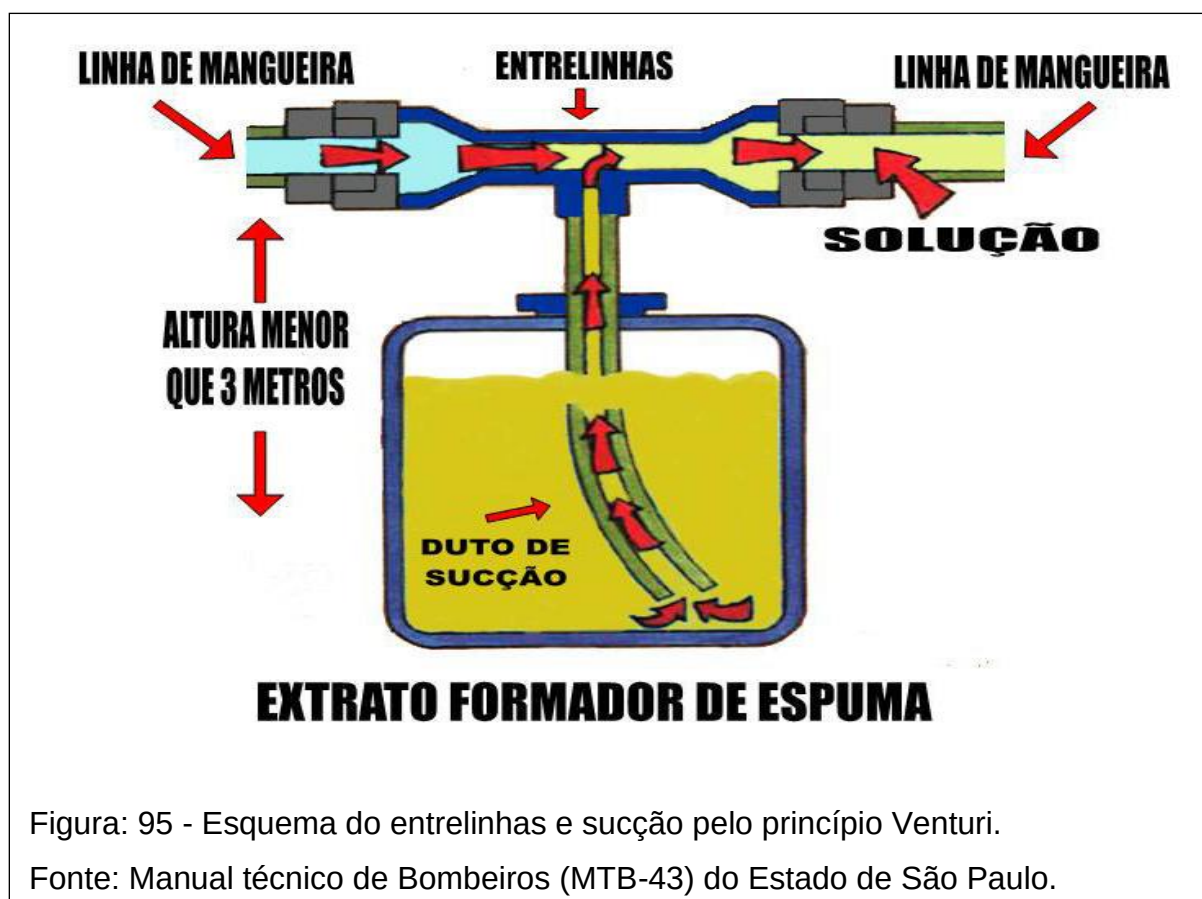
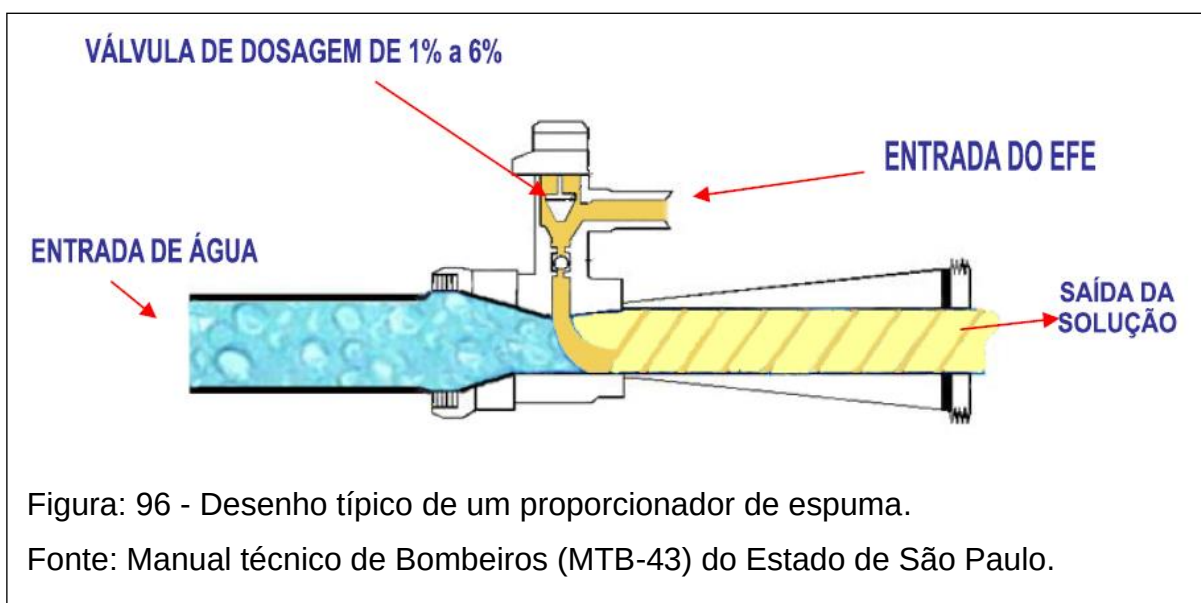


Figura: 95 - Esquema do entrelinhas e sucção pelo princípio Venturi.

Fonte: Manual técnico de Bombeiros (MTB-43) do Estado de São Paulo.



Será apresentado aos alunos o **Esguicho lançador de espuma**, figura (97), que serve para lançar espuma de baixa expansão no foco do incêndio através do processo de aeração da solução.



Figura: 97 - Esguicho lançador de espuma à baixa pressão.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Confeccionado em tubo de alumínio com engate tipo storz em latão. Equipamento trabalha em conjunto com proporcionador que deve acompanhar a mesma vazão.

O professor apresentará o **Esguicho regulável** que é um tipo de esguicho de vazão variável usados hoje no exterior e mais recomendados para a atividade de combate a incêndio, conforme está ilustrado na figura (98) abaixo, esses esguichos são considerados automáticos. Esguichos automáticos, também chamados de esguichos de pressão constante, são basicamente esguichos de vazão variável com possibilidade de mudança na forma do jato e capacidade de manter a pressão no esguicho



Figura: 98 - Esguicho regulável automático.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Será apresentado pelo professor aos alunos a **Mangueira de incêndio** que é o duto flexível utilizado para transportar água da fonte de suprimento ao lugar onde deva ser aplicada, ver figura (99). Em razão de sua finalidade, a mangueira deve ser flexível, resistir à pressão interna e ser, tanto quanto possível, leve e durável.



Figura: 99 - Mangueira de incêndio tipo 4 de 1 ½"

Fonte: Elaborada pelo autor.

O professor apresentará ainda o **LGE (líquido gerador de espuma)** que é um extrato à base de substâncias fluoretadas, solventes e hidro carbonos. Utilizado somente para incêndios em hidrocarbonetos na dosagem de 6%. Ver figura (100).



Figura: 100 - Líquido gerador de espuma (LGE 6%)

Fonte: Elaborada pelo autor.

✓ Aula – 02 (Montagem e manipulação do sistema)

Tempo estimado – 25 min

E por fim o professor mostrará o passo a passo da montagem do **Sistema gerador de espuma**. Agora o professor, mais uma vez, dividirá a turma em grupos de 10 alunos para melhor visualização de todos, tanto da montagem quanto da execução da sucção do LGE sendo misturado a água. Este fenômeno está baseado no princípio de Bernoulli e no efeito Venturi.



Figura: 101 - Proporcionador de espuma, montado direto na expedição do caminhão de incêndio pronto para fazer sucção do LGE.
Fonte: Elaborada pelo autor.



Figura: 102 - Esguicho regulável acoplado ao esguicho lançador de espuma.
Fonte: Elaborada pelo autor.

✓ **Aula – 02 (Observação e explicação do fenômeno)**

Tempo estimado – 25 min

Neste momento o professor dividirá a turma em grupos de Cinco alunos e os mesmos, com a ajuda do operador da VTR e sob a supervisão do professor, solicitará ao motorista e operador da VTR, que ligue a mesma e a deixe pronta para acionar a bomba d'água, em seguida o professor dividirá as tarefas entre esses cinco alunos, para a montagem do sistema de formação de espuma. Após montar o sistema, solicitarão do operador da VTR que ele ligue a bomba d'água. Os alunos revezarão nas funções para que todos possam observar o fenômeno da sucção de LGE (líquido gerador de espuma) por efeito Venturi. Nesta aula os quatro primeiros grupos farão todo processo e por fim, darão explicação física sobre o que estão vendo, da forma que foi, tanto na sala de aula como anteriormente, ensinado pelo professor in loco



Figura: 103 - Sistema gerador de espuma montado na viatura de Incêndio.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nesta aula, os quatro últimos grupos, farão todo o procedimento, anteriormente falado nas aulas anteriores e por fim, mais uma vez, explicarão para o professor e para os outros grupos que já passaram pela etapa, os fenômenos observados, que estão baseados no Princípio de Bernoulli e no Efeito Venturi. Após todos os grupos terem passado pelas etapas de montagem, manipulação e observação do fenômeno físico, desmontarão o sistema, guardarão todo material utilizado em seus devidos locais, e limparão o local a qual foi destinado para a aula.

✓ **Aula – 03 (Aplicação da avaliação comparativa)**

Tempo estimado – 25 min

Nesse momento o professor disponibilizará um questionário, com cinco questões da avaliação comparativa, que deverá ser aplicada a toda a turma e que servirá para mensurar o aprendizado do aluno, se ele conseguiu responder às questões propostas, agora, com clareza e de forma correta, demonstrando domínio do conteúdo e livre de concepções espontâneas.

✓ **Aula – 03 (Considerações finais)**

Tempo estimado – 25 min

Na última aula, o professor fará as suas considerações finais, destacará os pontos positivos e negativos e fará observações em pontos que podem ser melhorados. Por fim disponibilizará um questionário onde conterà perguntas que podem trazer melhorias e sugestões, por parte dos alunos, para as próximas turmas que passarão por este aprendizado.

5 – Manual de montagem

5.1 – Sistema de aspiração de secreção fixo



1° PASSO: Verificar se o cilindro está pressurizado, olhando no manômetro (relógio ao lado), que é um medidor de pressão. Se o ponteiro estiver na faixa vermelha, o cilindro estará despressurizado.

2° PASSO: Abrir por completo registro do cilindro para que o O₂ preencha toda tubulação e a régua de gases.



Válvula de abertura



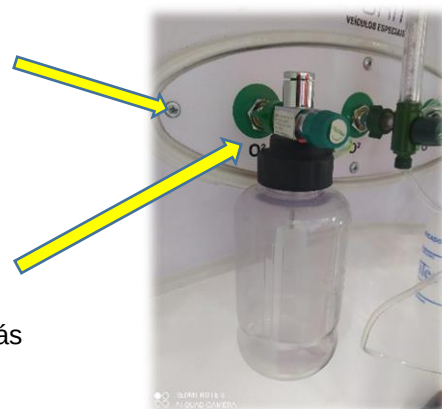
Rosca do frasco

3° PASSO: Rosquear o frasco para depósito de secreção na régua de gases.

4° PASSO: Régua de gases, onde o frasco deve ser rosqueado.

Rosca da régua de gases

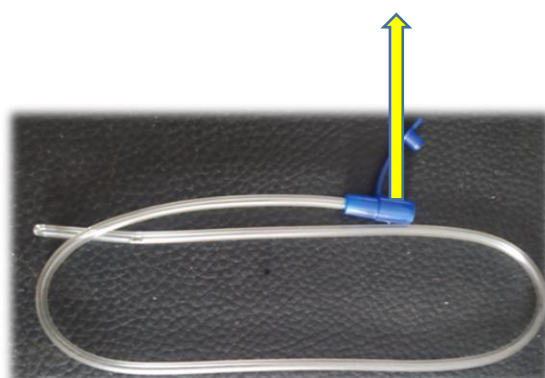
Registro de abertura do gás



5° PASSO: encaixar a extremidade do tubo de látex na extremidade do frasco para depósito de secreção.

6° PASSO: encaixar a extremidade do tubo do cateter nasal na extremidade do tubo de látex.

Extremidade do cateter nasal



Ao final da montagem, deve-se abrir o registro do gás, no frasco para depósito de secreção, que o sistema começa a funcionar e a secreção passa a ser aspirada para o interior do frasco.

5.2 – Sistema de aspiração de secreção móvel



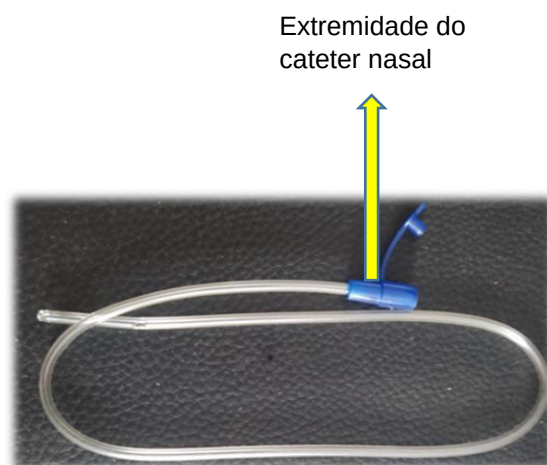
1º PASSO: Verificar se o cilindro (bala) está pressurizado, olhando no manômetro (relógio), que é um medidor de pressão. Se o ponteiro estiver na faixa vermelha, o cilindro estará despressurizado.

2º PASSO: Rosquear o frasco para depósito de secreção no cilindro.



3º PASSO: Encaixar o conduto de látex na abertura do frasco para coleta de secreção.

4° PASSO: encaixar a extremidade do tubo do cateter nasal na extremidade do conduto de látex.



5° PASSO: Sistema de aspiração de secreção móvel montado, este serve para levar a um local onde a VTR não consegue chegar.

5.3 – Proporcionador de espuma



1º PASSO: Conectar uma das extremidades dessa mangueira na expedição de 1, ½" da VTR ABTS.

1º PASSO: Extremidade da mangueira conectada na expedição da ABT- 09 do 1º SGB do 2º GBM, CBM-RN em Parnamirim-RN.



Junta storz da mangueira acoplada ao proporcionador



2ºPASSO: Conectar a outra extremidade da mangueira no proporcionador de espuma e acoplar outra mangueira de 1, ½" na outra extremidade do proporcionador entre linhas.

3ºPASSO: inserir o cano de metal do proporcionador no balde de LGE, para que o líquido seja aspirado com a passagem da água.



4ºPASSO: Acoplar a junta storz da mangueira à do esguicho regulável.

4ºPASSO: junta storz





5ºPASSO: Acoplar o esguicho lançador de espuma ao esguicho regulável.

6º PASSO: Após o sistema de formação de espuma estiver montado, deve-se ligar a bomba do caminhão e abrir a expedição que está acoplada à mangueira em seguida abrir a água e a espuma será formada.

7 – Anexos

O professor interessado em aplicar esse produto educacional no quartel do Corpo de Bombeiros do RN, deve seguir os trâmites de solicitação para uso do espaço e equipamentos do CBM-RN. A instituição, onde o professor trabalha, deve enviar um ofício endereçado ao Comande Geral do Corpo de Bombeiros, que, nesse caso, será do Rio grande do Norte.

No documento dever conter detalhes desta solicitação tais como:

- Data e hora em que será aplicado o produto educacional;
- Nome e documentos do professor responsável pala turma;
- Quantos alunos serão levados ao quartel;
- Qual a série e média de idades dos alunos;
- Qual a unidade do CBM-RN será usada na aplicação, exemplo, 1°SGB do 2°GBM – Parnamirim-RN
- Baseado no produto educacional, o professor deve solicitar o material a ser utilizado no dia da aplicação, exemplo, proporcionador de espuma, tubo de Venturi e outros.
- É importante informar que, necessitará do apoio dos bombeiros que operam as VARS que serão utilizadas na apresentação, exemplo, motoristas, socorristas, combatentes de ABTSS entre outros.

Sugiro ao professor interessado que vá ao quartel em dias anteriores para fazer a verificação de todo material, viatura e pessoal disponível, etc., para minimizar a probabilidade de dar algum erro no uso dos equipamentos. É importante lembrar que o LGE (líquido gerador de espuma), é um material extintor de incêndio de alto valor, logo o CBM, não disponibilizará esse material, o que pode ser substituído por sabão líquido, o qual foi usado na aplicação desse produto. Deve-se levar ao menos 9L para que se tenha uma formação de espuma consistente e visível para todos os alunos.

Segue em anexo um modelo de ofício criado pelo autor deste trabalho, baseado em um ofício enviado para o Comando do Corpo de Bombeiros do Rio Grande do Norte, solicitando uma visita às dependências da corporação.



Escola Viver a vida

Onde ser feliz é o que importa

Rua Mar dos Sertões Mariano, 1987 – Lagoa santa, Natal/RN

OFÍCIO N ° 01/2015

Natal, 22 de setembro de 2015

AO

Comando Geral do Corpo de Bombeiros do Rio Grande do Norte
Av. Alm. Alexandrino de Alencar, 959 — Barro Vermelho, Natal — RN

Att. Cel. Luiz Monteiro da Silva Junior Assunto:
Solicitação para visita

Nesta

Venho, por meio deste, solicitar junto a este Comando agendamento para uma visita a esta instituição pela Escola Viver a vida, em data e horários previamente marcados (segunda, 10/10/2015, período matutino), conforme disponibilidade, para um grupo de 35 alunos com idade de 15 a 18 anos, da 2.ª série, mais professor e acompanhante totalizando 40 visitantes.

O objetivo desta visita é mostrar para nossas crianças o mais alto grau de relevância desta atividade para sociedade, sua estrutura física e Missão.

Atenciosamente,

Astrogildo da Silva

Sócio — Diretor

Referências

ATÉ HOJE NÃO SEI COMO FIZ AQUELE GOL': O DIA EM QUE ROBERTO CARLOS ACERTOU O CHUTE QUE DESAFIOU A FÍSICA: ESPN, Disponível em: https://www.espn.com.br/historias-da-bola/artigo/_/id/6842209/ate-hoje-nao-sei-como-fiz-aquele-gol-dia-roberto-carlos-acertou-chute-que-desafiou-fisica. Acesso em 20 de novembro de 2021.

BRENNAN, Richard P. **Gigantes da física**: uma história da física moderna através de oito biografias. Rio de Janeiro: Zahar (Ciência e Cultura), 2000.

CASCAIS, MGA, & TERÁN, AF. **Educação formal, informal e não formal na educação em ciências**: contribuições dos diversos espaços educativos. 2011. Artigo Científico.

CASCAIS, MGA, & TERÁN, AF. **Educação formal, informal e não formal na educação em ciências**. ciência em Tela, 2014.

COMO CITAR A CONSTITUIÇÃO FEDERAL: Normas ABNT, trabalhos e TCC: Dicas de citação da Constituição Federal, Disponível em: <https://projetoacademico.com.br/citar-constituicao-federal/>. Acesso em 10 de dezembro de 2021.

COLETÂNEA DE MANUAIS TÉCNICOS DO CORPO DE BOMBEIROS: AZEVEDO, Marcelo et al. **Emprego de espuma mecânica no combate a incêndios**: PMESP, 2006.

COLETÂNEA DE MANUAIS TÉCNICOS DO CORPO DE BOMBEIROS: MAGOSSO, Sandro et al. **Emprego de mangueiras, esguichos e acessórios hidráulicos**: PMESP, 2006.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, Demétrio. **Problema e problematização**. São Paulo: Cortez, 1991.

FW Sears, MW Zemansky, HD Young, RA Freedman. **Física**. 12. ed. v.2. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

DOCA, Ricardo Helou, BISCUOLA, Gualter José e VILLAS BÔAS, Newton, **Tópicos de Física**. 21. ed. — São Paulo: Saraiva, 2012.

D Halliday, R Resnick, J Walker - 10.^a edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, **2016**

EQUAÇÃO da continuidade. Mundo educação, 2002. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/equacao-continuidade.htm>. Acesso em 10 de novembro de 2021.

GADOTTI, Moacir -**A escola e o professor**: Paulo Freire e a paixão de ensinar. 1. Ed. São Paulo: Publisher Brasil, 2007

GADOTTI, Moacir - **Educação e poder: introdução a pedagogia do conflito**. 1. Ed. São Paulo: Cortez, 2005

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 2. ed. São Paulo: Editora Ática, 2013

GOHN, Maria da glória Marcondes. **educação não-formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas**. v.14, n.50, p. 27-38, Rio de Janeiro: 2006. Artigo Científico.

GOHN, Maríá da glória Marcondes. **Novas teorias dos movimentos sociais**, São Paulo: Edições Loyola, 2008.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. **Como a bola de futebol faz curva?** . Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/equacao-continuidade.htm>. Acesso em 20 de novembro de 2021.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. **Equação da continuidade**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/equacao-continuidade.htm>. Acesso em 30 de dezembro de 2021.

MANUAL PARA ELABORAÇÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS, 23. Ed. Rio Grande do Sul: UNISINOS, 2021.

RASIA, Carlos Alberto, BARROS, Cláudio Caetano e MARCELINO, Sílvio Cláudio, **M 326 Manual de Atendimento Pré-hospitalar**, Brasília: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2007.

SD Vasconcelos, E Souto- **Ciência & Educação (Bauru)**. Volume 9. Bauru - SP – Brasil: SciELO Brasil, 2003

MARQUES, M. I. M. O conceito de espaço rural em questão. **Terra Livre**, [S. l.], v. 2, n. 19, 2015. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/160>. Acesso em: 8 mar. 2023.

MA Moreira - **Uma análise crítica do ensino de Física**, Estudos avançados, 2018 - SciELO Brasil.