UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM

INSTITUTO DE SAÚDE E BIOTECNOLOGIA DO SOLIMÕES - ISB

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

POLO 64

ADLAS OLIVEIRA DOS ANJOS

SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM VISCOSÍMETRO DE STOKES E SOFTWARE TRACKER: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FLUIDOS NO ENSINO MÉDIO SOB A PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

COARI - AM

2025

ADLAS OLIVEIRA DOS ANJOS

SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM VISCOSÍMETRO DE STOKES E SOFTWARE TRACKER: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FLUIDOS NO ENSINO MÉDIO SOB A PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Amazonas - UFAM, polo 64, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Professor Dr Thiago Gonçalves
Coorientador: Professor Dr Fernando Luz

COARI - AM

2025

ADLAS OLIVEIRA DOS ANJOS

SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM VISCOSÍMETRO DE STOKES E SOFTWARE TRACKER: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FLUIDOS NO ENSINO MÉDIO SOB A PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Amazonas - UFAM, polo 64, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 22 de maio de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr Tiago Gonçalves Santos
Presidente e orientador

Prof. Dr. Erasmo Sérgio Ferreira Pessoa Júnior
UEA-membro externo

Profa. Dra. Vanusa Bezerra Pachêco
UFAM

Profa. Dra. Silvina Paola Gómez Marnez
UFAM

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Eliana Medeiros, aos meus pais: Antônio Ferreira dos Anjos e Maria Tereza Nunes de Oliveira (*in memoriam*) e minha família pelo apoio na construção do projeto, aos meus filhos, Andrew, Elisa e Maria, e aos companheiros alunos da turma de Mestrado pela força diária dentro e fora da sala de aula e a todos os professores que lutam incansavelmente por uma educação de qualidade em nosso país.

AGRADECIMENTOS

Aos meus professores, porque, sem eles, eu não estaria aqui.

À SBF, pela disponibilização do curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus amigos e parentes, por todo apoio.

Ao meu co orientador, professor Dr Fernando Luz

Ao meu orientador, professor Dr Thiago Gonçalves, pela grande colaboração e disponibilidade.

À minha esposa, pela paciência e apoio durante essa fase de minha vida.

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

“If I have seen further it is by standing on the shoulders of Giants.”

"Se vi mais longe foi por estar de pé sobre ombros de Gigantes."

(Isaac Newton)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.0 (Cisalhamento causado pelo peso): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 38.....42

Figura 2.0 (Compressão causada pelo peso): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e On-das, Calor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 38.....42

Figura 3.0 (Normal Externa): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 14.....44

Figura 4.0 (lei de Stevin): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 18.....45

Figura 5.0 (Princípio de Arquimedes): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Ca-lor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 21.....46

Figura 6.0 Tela inicial do software livre Tracker.....62

Figura 7.0: Primeira Aplicação do questionário – 1º ano 3.....98

Figura 8.0: Pesquisa no Laboratório – 1º ano 3.....100

Figura 9.0: Montagem do Experimento pelo Professor – 1º ano 3.....101

Figura 10: Print da imagem com o Gráfico da velocidade da esfera de corante feito no Traker pelo Professor – 1º ano 3.....101

Figura 11: montagem do Experimento pelos alunos – 1º ano 3.....103

Figura 12: print da imagem com o Gráfico da velocidade da esfera de corante feito no Traker pelos alunos – 1º ano 3.....105

Figura 13: Segunda Aplicação do questionário – 1º ano 3.....105

Figura 14 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3..... 115

Figura 15 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....115

Figura 16 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....116

Figura 17 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....116

Figura 18 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....116

Figura 19 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....117

Figura 20 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....117

Figura 21 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....118

Figura 22 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....118

Figura 23 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....118

Figura 24 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....119

Figura 25 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....119

Figura 26 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....120

Figura 27 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....120

Figura 28 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....121

Figura 29 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....122

Figura 30 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....123

Figura 31 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....123

Figura 32 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....124
Figura 33 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....124
Figura 34 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....124
Figura 35 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....125
Figura 36 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....125
Figura 37 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....126
Figura 38 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....126
Figura 39 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....126
Figura 40 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....127
Figura 41 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....127
Figura 42 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....128
Figura 43 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1.....128
Figura 44 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3.....128

RESUMO

A sequência didática é uma ferramenta que foi criada para facilitar a aprendizagem do aluno. A presente pesquisa parte do seguinte questionamento: De que forma o uso de uma sequência didática baseada em experimentação e simulação digital pode promover a aprendizagem significativa dos conceitos de fluidos no Ensino Médio? Nesta dissertação, assumiu-se a hipótese de que uma aprendizagem com maior grau de motivação possibilita e facilita o envolvimento do aluno para aprender fluidos, permitindo a construção de um conhecimento significativo e científico. E para promover tal motivação, buscou-se utilizar algo próximo à realidade do aluno, ou seja, uma sequência didática que usa ferramentas tecnológicas, e também experimento de baixo custo. A construção de uma sequência didática que junte o Viscosímetro de Stokes e o *Tracker* justifica-se pela necessidade de proporcionar a aprendizagem ativa, ao combinar experimentação e análise computacional, os docentes conseguem desenvolver habilidades investigativas, confrontando previsões teóricas com dados reais; Superar o problema de falta de laboratórios nas escolas de nível médio com esses equipamentos, um número significativo de escolas não dispõe de equipamentos sofisticados para medições precisas, mas o uso de vídeos e software de análise diminui esse problema; Trazer para o ambiente escolar tecnologias digitais no ensino de Física, Auxiliar na formação do professor, a sequência proposta pode servir como modelo para outros docentes, mostrando como abordar conceitos complexos de forma investigativa. Objetivo Geral: Desenvolver uma sequência didática sobre fluidos, com o uso do Viscosímetro de Stokes e do simulador *Tracker*, de forma a desenvolver uma aprendizagem significativa de Ausubel. Objetivos Específicos: Analisar os problemas conceituais enfrentados pelos alunos em relação a Viscosidade nos fluidos, e o movimento de esferas num meio viscoso através da primeira aplicação do questionário diagnóstico; propor um experimento de fácil construção para determinação da Viscosidade usando materiais de fácil acesso; avaliar a eficácia da sequência didática na compreensão dos conceitos físicos envolvidos, através da segunda aplicação do questionário. A pesquisa utilizou uma abordagem quali-quantitativa para obter uma compreensão aprofundada das percepções dos respondentes. Foi aplicado um questionário em duas turmas do 1º ano na escola CETI - Coari, sendo as 8 questões discursivas. A análise dos dados coletados foi feita em duas etapas, primeiramente foram tabulados para se fazer os gráficos utilizando o Microsoft Excel e depois uma avaliação meticulosa dessas respostas discursivas, utilizando a metodologia de Análise de Conteúdo de Bardin. A análise dos dados revelou que os alunos tiveram um desenvolvimento visível com a aplicação da sequência didática. A diferença mostrou-se em relação ao número de acertos, onde o número foi muito maior na turma que teve a sequência didática aplicada.

Palavras-chave: Ensino de Física; Sequencia Didática; Software *Traker;* Ensino e Aprendizagem, questionário diagnóstico.

ABSTRACT

The didactic sequence is a tool created to facilitate student learning. This research stems from the following question: How can the use of a didactic sequence based on experimentation and digital simulation promote meaningful learning of fluid concepts in High School? In this dissertation, the hypothesis was adopted that learning with a higher degree of motivation enables and facilitates student engagement in learning about fluids, allowing the construction of meaningful and scientific knowledge. To promote such motivation, we sought to use something close to the students' reality, that is, a didactic sequence that employs technological tools and also low-cost experiments. The construction of a didactic sequence combining the Stokes Viscometer and Tracker is justified by the need to provide active learning. By combining experimentation and computational analysis, teachers can develop investigative skills, comparing theoretical predictions with real data; Overcome the problem of the lack of well-equipped laboratories in high schools, as a significant number of schools do not have sophisticated equipment for precise measurements, but the use of videos and analysis software reduces this issue; Introduce digital technologies into the Physics teaching environment; Assist in teacher training—the proposed sequence can serve as a model for other teachers, showing how to approach complex concepts in an investigative manner. General Objective: Develop a didactic sequence on fluids, using the Stokes Viscometer and the Tracker simulator, to foster meaningful learning in the Ausubelian sense. Specific Objectives: Analyze the conceptual difficulties students face regarding fluid viscosity and the motion of spheres in a viscous medium through the first application of a diagnostic questionnaire; propose an easy-to-build experiment to determine viscosity using accessible materials; evaluate the effectiveness of the didactic sequence in enhancing the understanding of the involved physical concepts through the second application of the questionnaire. The research adopted a qualitative-quantitative approach to gain an in-depth understanding of respondents' perceptions. A questionnaire was administered to two first-year classes at CETI - Coari school, consisting of 8 discursive questions. The collected data were analyzed in two stages: first, they were tabulated to create graphs using Microsoft Excel, followed by a meticulous evaluation of the discursive responses using Bardin's Content Analysis methodology. Result: The data analysis revealed that students showed visible improvement with the application of the didactic sequence. The difference was evident in the number of correct answers, which was significantly higher in the class where the didactic sequence was implemented.

Keywords: Physics Teaching; Didactic Sequence; Tracker Software; Teaching and Learning, diagnostic questionnaire.

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Comparação para a revisão de Literatura dos Trabalhos: “Pereira et al. (2021) ” e “Uma Sequência didática sobre Fluidos” .....64.

Tabela 2. Comparação entre os dois trabalhos: “Sequencia didática sobre Fluidos” e “Ensino de forças de arrasto para graduação com TDICs.....82.

Tabela 3. Comparação entre os trabalhos: “Sequencia didática sobre Fluidos” e “Aplicação da Lei de Stokes: um experimento didático em Fenômenos de Transporte” .....85.

Tabela 4. Comparação entre os trabalhos: “Sequencia didática sobre Fluidos” e “Determinação Experimental da Viscosidade através do Método de Stokes. ” .....87.

Tabela 5. Etapas do produto educacional.....90.

Tabela 6. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 1/ Para você o que são fluidos?.....93.

Tabela 7. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) - Questão 2/ Porque quando jogamos uma esfera de aço e um isopor na água, a pedra afunda e o isopor flutua?.....99.

Tabela 8. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 3/O que você entende por Pressão Hidrostática?.....129.

Tabela 9. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 4/ Para você, quanto mais fundo uma esfera se encontra da superfície a pressão tende a aumentar ou diminuir?.....130.

Tabela 10. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 5/ O que você entende por viscosidade?.....130.

Tabela 11. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 6/Quando um objeto arremessado em um lago afunda cada vez mais na água, a força de empuxo exercida sobre ele aumenta ou diminui?.....132.

Tabela 12. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 7/Dois blocos sólidos de tamanhos idênticos são submersos em água. Um deles é de chumbo, e o outro de alumínio. Sobre qual dos dois corpos a força de empuxo é maior?.....133.

Tabela 13. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 8/ Supondo que você esteja mergulhando a cinco metros (5m) de profundidade em um imenso lago, ao mesmo tempo o seu amigo está mergulhando com a mesma profundidade em uma pequena piscina, vocês dois estão submetidos a mesma pressão?.....134.

Tabela 14. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) – Questão 1/ Para você o que são fluidos?.....135.

Tabela 15. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 2/ Porque quando jogamos uma esfera de aço e um isopor na água, a esfera afunda e o isopor flutua?.....136.

Tabela de 16. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 3/ O que você entende por pressão hidrostática?.....138.

Tabela 17. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 4/ Para você, quanto mais fundo uma esfera se encontra da superfície a pressão tende a aumentar ou diminuir?.....139.

Tabela 18. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 5/ O que você entende por viscosidade?.....140.

Tabela 19. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 6/ Quando um objeto arremessado em um lago afunda cada vez mais na água, a força de empuxo exercida sobre ele é constante, aumenta ou diminui?.....141.

Tabela 20. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 7/ Dois blocos sólidos de tamanhos idênticos são submersos em água. Um deles é de chumbo, e o outro de alumínio. Sobre qual dos dois corpos a força de empuxo é maior?.....142.

Tabela 21. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 8/ Supondo que você esteja mergulhando a cinco metros (5m) de profundidade em um imenso lago, ao mesmo tempo o seu amigo está mergulhando com a mesma profundidade em uma pequena piscina, vocês dois estão submetidos a mesma pressão?.....143.

Tabela 22. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 1/ Para você o que são fluidos?.....143.

Tabela 23. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 2/ porque quando jogamos uma esfera de aço e um isopor na água, a esfera afunda e o isopor flutua?.....144.

Tabela 24. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 3/ o que você entende por pressão hidrostática?.....145.

Tabela 25. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 4/ para você, quanto mais fundo uma esfera se encontra da superfície a pressão tende a aumentar ou diminuir?.....147.

Tabela 26. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 5/ o que você entende por viscosidade?.....148.

Tabela 27. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 6/ quando um objeto arremessado em um lago afunda cada vez mais na água, a força de empuxo exercida sobre ele aumenta ou diminui?.....149.

Tabela 28. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 7/ dois blocos sólidos de tamanhos idênticos são submersos em água. Um deles é de chumbo, e o outro de alumínio. Sobre qual dos dois corpos a força de empuxo é maior?.....150.

Tabela 29. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 8/ supondo que você esteja mergulhando a cinco metros (5m) de profundidade em um imenso lago, ao mesmo tempo o seu amigo está mergulhando com a mesma profundidade em uma pequena piscina, vocês dois estão submetidos a mesma pressão?.....151.

Tabela 30. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 1/ para você o que são fluidos?.....153.

Tabela 31. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 2/ porque quando jogamos uma esfera de aço e um isopor na água, a esfera afunda e o isopor flutua?.....153.

Tabela 32. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 3/ o que você entende por pressão hidrostática?.....155.

Tabela 33. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 4/ para você, quanto mais fundo uma esfera se encontra da superfície a pressão tende a aumentar ou diminuir?.....156.

Tabela 34. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 5/ o que você entende por viscosidade?.....158.

Quadro 35. Tabela de categoria (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 6/ quando um objeto arremessado em um lago afunda cada vez mais na água, a força de empuxo exercida sobre ele aumenta ou diminui?.....159.

Tabela 36. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 7/ dois blocos sólidos de tamanhos idênticos são submersos em água. Um deles é de chumbo, e o outro de alumínio. Sobre qual dos dois corpos a força de empuxo é maior?.....160.

Tabela 37. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 8/ supondo que você esteja mergulhando a cinco metros de profundidade em um imenso lago, ao mesmo tempo o seu amigo está mergulhando com a mesma profundidade em uma pequena piscina, vocês dois estão submetidos a mesma pressão?.....162

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Primeira Aplicação do questionário.....113
Gráfico 2 – Segunda Aplicação do questionário.....120

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.0 (definição de densidade): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Ca-lor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 13.....42.

Equação 2.0 (equações de decomposição de forças): SERWAY & JEWETT. “Física para Cientistas e Engenhei-ros”. 9ª. ed. Boston, Massachusetts: Cengage Learning, 2022.v.1, p. 110.....44.

Equação 3.0 (equações de decomposição de forças): SERWAY & JEWETT. “Física para Cientistas e Engenhei-ros”. 9ª. ed. Boston, Massachusetts: Cengage Learning, 2022. v. 1, p. 110.....44.

Equação 4.0 (definição de pressão): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Ca-lor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 13.....44.

Equação 5.0 (Equação fundamental da hidrostática): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscila-ções e Ondas, Calor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 17.....46.

Equação 6.0 (Lei de Stevin): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 17.....47.

Equação 7.0 (Empuxo): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 22. .....49.

Equação 8.0 (equação da força de arrasto viscoso): BATCHELOR, G.K. “An Introduction to Fluid Dynamics”. p. 230-233. Cambridge University.....49.

Equação 9.0 (Equação de Stokes): LANDAU & LIFSHITZ (1987). “Fluid Mechanics” (2nd ed., §20) .....51.

Equação 10.0 (Equação da Incompressibilidade): LANDAU & LIFSHITZ (1987). “Fluid Mechanics” (2nd ed., §20) .....53.

Equação 11.0 (Equação de Equilíbrio de Forças no Viscosímetro de Stokes). KUNDU, P.K., COHEN, I.M., & DOWLING, D.R. “Fluid Mechanics”. 6th ed., p. 429.....53.

Equação 12.0 (peso de uma esfera): FRANK M. WHITE. “Mecânica dos Fluidos”. 8ª. ed. Porto Alegre: AMGH, 2018. v. 2, p. 80.....54.

Equação 13.0 (Empuxo): FRANK M. WHITE. “Mecânica dos Fluidos”. 8ª. ed. Porto Alegre: AMGH, 2018. v. 2, p. 82.....55.

Equação 14.0 (equação do equilíbrio de forças): FRANK M. WHITE. “Mecânica dos Fluidos”. 8ª. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. v. 2, p. 453.....55.

Equação 15.0 (velocidade terminal de uma esfera em um fluido viscoso:): FRANK M. WHITE. “Mecânica dos Fluidos". 8ª. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. v. 2, p. 457.....55.

Equação 16.0 (equação da viscosidade dinâmica): STOKES, G. G. “On the Effect of the Internal Friction of Fluids on the Motion of Pendulums”. v. 9. DOI: 10.1017/CBO9780511702266.002. p. 8-106, 1851.....56.

Equação 17.0 (velocidade terminal de uma esfera em um fluido viscoso:): SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. “Física para Cientistas e Engenheiros". 9ª. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016. v. 2, p. 360.....31.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1 CAPÍTUMO 1 INTRODUÇÃO.....33
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA..... 33
1.2.1 O Problema.....36
1.2.2 Hipóteses.....36
1.3 JUSTIFICATIVA.....37
1.4 DOCÊNCIA DO PESQUISADOR NA ÁREA DE FÍSICA.....37
1.5 OBJETIVOS.....38
1.5.1 Objetivo Geral.....38
1.5.2 Objetivos Específicos:.....38
1.6. CAMPO DE EXPERIMENTAÇÃO DO PRODUTO.....38
1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....39
2. CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS DE FÍSICA.....40
2.1 FLUIDOS.....40
2.2 UMA BREVE HISTÓRIA SOBRE O VISCOSÍMETRO DE STOKES.....47
2.3 AS FORÇAS ATUANTES NUMA BOLHA DE CORANTE EM QUEDA NUM MEIO VISCOSO.....52
2.4 MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO APARATO SIMULANDO O VISCOSÍMETRO DE STOKES.....57
2.4.1 PREPARAÇÃO DO FLUIDO.....57
2.5 *TRACKER* COMO UM RECURSO DE ENSINO APRENDIZAGEM.....59
2.5.1 O QUE É O TRACKER?.....59
3 CAPÍTULO 3 – FUNDAMENTOS EM ENSINO.....66
3.1 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL.....66
3.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS RELACIONADOS AO USO DE EXPERIMENTOS E SOFTWARE NAS AULAS DE FÍSICA BÁSICA.....72
3.3 CONTRIBUIÇÃO DE FEYNMAN PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA.....75
4. CAPÍTULO 4 – REVISÃO DA LITERATURA.....78
5. CAPÍTULO 5 – ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....91
6. CAPÍTULO 6 – APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....94
6.1 COMENTÁRIOS INICIAIS.....94

6.2 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO.....94
7. CAPÍTULO 7 – A PESQUISA.....106
7.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....106
7.2 ESTRUTURA METODOLÓGICA DA SEQUENCIA DIDÁTICA SEGUNDO O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.....107
7.3 CALSUÍSTA.....108
7.4 PARTICIPANTES DA PESQUISA.....109
7.5 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS..... 109
7.6 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS.....111
8. CAPÍTULO 8 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....113
8.1 ANÁLISE DOS GRFICOS.....113
8.2. ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS.....129
9. CAPÍTULO 9 - CONCLUSÃO.....166
EFERÊNCIAS.....169
APÊNDICE A – Produto Educacional.....174

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

O ensino de Física no nível médio enfrenta obstáculos significativos, sobretudo na abordagem de conteúdos abstratos como os relacionados à Mecânica dos Fluidos. Entre esses, destaca-se o conceito de viscosidade, cuja compreensão é fundamental para diversas áreas do conhecimento, como engenharia, meteorologia e biologia. Por outro lado, a abordagem tradicional frequentemente se restringe à exposição teórica, sem promover conexões efetivas com fenômenos observáveis no cotidiano, o que contribui para a persistência de lacunas no processo de ensino-aprendizagem.

Essa dificuldade não se limita ao cenário educacional brasileiro. Conforme evidenciado por Siqueira et al. (2023), estudantes do ensino médio apresentam lacunas recorrentes na compreensão de conteúdos relacionados à viscosidade e à cinemática dos fluidos, principalmente no que tange à sua aplicação em situações concretas. Esse estudo destaca a necessidade de metodologias que integrem práticas experimentais e abordagens interdisciplinares para facilitar a compreensão desses conceitos abstratos.

Diante desse contexto, torna-se necessário repensar as estratégias didáticas utilizadas no ensino de Física, buscando métodos mais eficazes que possibilitem ao estudante não apenas compreender os conceitos abstratos, mas também relacioná-los a situações do cotidiano. A presente dissertação, portanto, propõe-se a investigar abordagens que favoreçam a aprendizagem significativa do conceito de viscosidade dos fluidos, contribuindo para a superação das dificuldades identificadas na literatura e nos documentos acadêmicos.

No ensino médio, o cálculo da viscosidade de líquidos por meio do viscosímetro de Stokes é, em geral, apresentada de forma teórica, dissociada de práticas experimentais que facilitem a visualização do fenômeno. Essa lacuna se agrava diante da precariedade de recursos didáticos nas escolas públicas brasileiras. Tal cenário reforça a urgência de metodologias ativas que usam recursos acessíveis e promovam a participação efetiva dos estudantes na construção do conhecimento científico, conforme discutido por Valente (2019) e Behrens (2020).

Nesse contexto, ferramentas computacionais, como o *Tracker* — software de análise de vídeo e modelagem cinemática — emergem como recursos promissores para maximizar o acesso e a interatividade no ensino experimental. O *Tracker* tras a facilidade de poder fazer a extração exata de dados relativos ao movimento a partir de vídeos, viabilizando a análise de grandezas físicas fundamentais, tais como velocidade terminal, aceleração e forças atuantes

nos fenômenos investigados. De acordo com Alves e Gomes (2021), o uso do *Tracker* no ensino de Física contribui significativamente para a visualização dinâmica dos fenômenos, promovendo melhor engajamento dos alunos e facilitando a compreensão conceitual. Sua interface intuitiva, aliada ao caráter open-source, configura-o como uma alternativa tecnicamente viável e economicamente acessível para aplicação em ambientes educacionais, especialmente diante das limitações de infraestrutura observadas em muitas instituições.

A utilização do software *Tracker* viabiliza a aquisição de dados experimentais empíricos, passíveis de serem incorporados nas equações matemáticas para o cálculo quantitativo da viscosidade do fluido. Tal procedimento favorece a validação empírica dos resultados teóricos, promovendo a integração entre teoria e prática. Essa abordagem evidencia que a Física não se restringe à mera formalização abstrata, mas se configura como uma disciplina fundamentalmente aplicada, cujas metodologias contribuem para a solução de problemas concretos em múltiplos campos do conhecimento, incluindo a engenharia e a medicina, como exemplificado pela análise da viscosidade sanguínea (Garcia et al., 2018).

A presente pesquisa desenvolveu e implementou, no ambiente escolar, uma proposta didática inovadora para o ensino de fluidodinâmica, centrada no uso de um viscosímetro de Stokes confeccionado a partir de materiais de baixo custo. Tal iniciativa vislumbra não apenas facilitar a compreensão dos conceitos físicos envolvidos, mas também fomentar o interesse dos alunos pela aprendizagem da Física de maneira diferenciada, promovendo o desenvolvimento do espírito científico e o protagonismo estudantil no processo investigativo. Conforme destacado por Mazzolini e Santos (2019), a utilização de recursos didáticos acessíveis contribui significativamente para a democratização do ensino experimental, ampliando as possibilidades de aprendizagem ativa e engajada.

De acordo com Rezende e Alvarenga (2023), a abordagem STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) representa um desenvolvimento significativo no ensino de Ciências, promovendo uma integração interdisciplinar que transcende os métodos tradicionais. Essa metodologia inovadora reconfigura o processo de aprendizagem ao articular cinco domínios fundamentais do conhecimento em uma estrutura coesa, contextualizada e orientada para a resolução de problemas reais. Além disso, enfatiza a importância da interdisciplinaridade e aponta para a necessidade de democratizar o acesso à STEAM em escolas públicas, especialmente as de periferia, usando materiais reaproveitáveis e de baixo custo, o que contribui para a inclusão e equidade no ensino de Ciências e Matemática

Dessa forma, a proposta visa superar a abordagem tradicional de ensino, caracterizada por sua natureza unilateral e verticalizada, promovendo práticas pedagógicas mais dialógicas e centradas no estudante. De acordo com Ausubel (2003), “a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva e não arbitrária, com aquilo que o aluno já sabe”, o que reforça a importância de estratégias que integrem o conhecimento prévio dos estudantes a novas vivencias de aprendizagem, mediadas por recursos tecnológicos.

Conforme argumenta Vygotsky (1991), o desenvolvimento cognitivo ocorre por meio da mediação de instrumentos culturais e da interação social, sendo fundamental que o ensino atue na zona de desenvolvimento proximal, potencializando as capacidades do aprendiz a partir de intervenções pedagógicas intencionalmente planejadas.

A concepção e implementação de recursos didáticos inovadores no ensino de Física, constituem uma resposta estratégica aos desafios contemporâneos da educação científica. O Produto Educacional produzido nesta dissertação emerge como uma ferramenta pedagógica crucial, alicerçada em três pilares interdependentes. O primeiro é o Pedagógico, na qual alinha-se às diretrizes do MNPEF, que enfatizam a articulação entre pesquisa acadêmica e prática docente, focando na melhoria do ensino na educação básica.

O Segundo é o Tecnológico, onde traz recursos digitais interativos, cuja eficácia no ensino de Física tem sido comprovada constantemente e o terceiro é o Epistemológico, de forma que baseia-se em princípios construtivistas, promovendo a modelagem de fenômenos físicos e a construção ativa do conhecimento pelo estudante: “O uso de tecnologias digitais como ferramentas pedagógicas revolucionou o processo de ensino – aprendizagem, permitindo a construção de conhecimentos científicos por meio de abordagens interativas, colaborativas e contextualizadas, essenciais para a educação do século XXI” (Valente, 2022, p.45).

A experiência prática do pesquisador com as ferramentas digitais propostas, adquirida durante estudos preliminares com alunos de PIBID, PIBEX demonstra a plena viabilidade de sua adoção por docentes de Física no ensino de Mecânica dos Fluidos: “Ensinar Física sem a tecnologia atual é como mostrar o céu estrelado sem telescópio, limita-se o aluno a uma visão do passado, incapaz de explorar as ferramentas que os próprios físicos usam hoje" (Pais, 2015, p.33).

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

1.2.1 O Problema

A presente pesquisa parte do seguinte questionamento: De que forma o uso de uma sequência didática baseada em experimentação e simulação digital pode promover a aprendizagem significativa dos conceitos de fluidos no Ensino Médio?

1.2.2. Hipóteses

Nesta dissertação, assumiu-se a hipótese de que uma aprendizagem com maior grau de motivação possibilita e facilita o envolvimento do aluno para aprender fluido, permitindo a construção de um conhecimento significativo e científico. E para promover tal motivação, buscou-se utilizar algo próximo à realidade do aluno, ou seja, uma sequência didática que usa ferramentas tecnológicas, e também experimento de baixo custo.

1.3 JUSTIFICATIVA

A construção de uma sequência didática que junte o Viscosímetro de Stokes e o *Tracker* justifica-se pela necessidade de:

1.3.1 Proporcionar a aprendizagem ativa: Ao combinar experimentação e análise computacional, os docentes conseguem desenvolver habilidades investigativas, confrontando previsões teóricas com dados reais.

1.3.2. Superar o problema de falta de laboratórios nas escolas de nível médio com esses equipamentos: um número significativo de escolas não dispõe de equipamentos sofisticados para medições precisas, mas o uso de vídeos e software de análise diminui esse problema.

1.3.3 Trazer para o ambiente escolar tecnologias digitais no ensino de Física: O *Tracker* é uma ferramenta versátil que tem a capacidade de ser aplicada em diversos experimentos, incentivando o letramento científico-tecnológico.

1.3.4 Auxiliar na formação do professor: A sequência proposta pode servir como modelo para outros docentes, mostrando como abordar conceitos complexos de forma investigativa.

1.4 DOCÊNCIA DO PESQUISADOR NA ÁREA DE FÍSICA

No exercício das funções como professor 40h na Secretaria de Estado de Educação do Amazonas (SEDUC-AM), no período compreendido entre 2020 e o presente, com atuação paralela como supervisor do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) no núcleo de Física do ISB/ UFAM, o pesquisador teve a oportunidade de implementar e avaliar diversas ferramentas tecnológicas no contexto educacional da Escola Estadual de Tempo Integral Professor Manuel Vicente Ferreira Lima.

A experiência prática com a implementação de ferramentas tecnológicas educacionais - incluindo simuladores computacionais (Plataforma PhET Interactive Simulations), software astronômico (Stellarium) e ambientes virtuais de aprendizagem - mostrou mediante análise sistemática, que a subutilização dessas ferramentas se mostra uma substantiva lacuna pedagógica. As Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) deixaram claro seu potencial multifacetado, destacando-se por: (i) facilitar a representação visual de conceitos abstratos, (ii) incrementar o engajamento discente, e (iii) ampliar o espectro metodológico disponível ao docente.

Esta constatação empírica está alicerçada a tríplice necessidade de: (a) integração sistemática das TICs nos planejamentos didáticos, (b) formação docente especializada para o uso otimizado desses recursos, e (c) desenvolvimento de protocolos de aplicação contextualizados às realidades da educação básica.

Os achados desta fase exploratória de observação forneceram subsídios fundamentais para o delineamento da presente pesquisa, particularmente no que tange à seleção e operacionalização de tecnologias educacionais no ensino de Física, constituindo-se como base empírica para a construção do referencial metodológico deste trabalho.

E tendo um potencial ilimitado para aprendizagem dos alunos, é crucial que haja essa sensibilização por parte dos docentes em usar essas ferramentas tecnológicas em sua prática diária. Sua utilização juntamente com o produto educacional da referida dissertação terá um impacto colossal na aprendizagem dos estudantes. E certamente terão resultados satisfatórios em relação ao desenvolvimento de seus alunos. Juntamente com os pibidianos, foi constatado o quanto essas práticas de introduzir a tecnologia nas aulas de Física são fundamentais para o crescimento dos estudantes de Física do 1º ano do ensino médio.

A atual sequência didática verificou se pode sanar um dos problemas do ensino de Física, que é unir o prático com o teórico e consequentemente tornar o aluno independente, uma vez que usou um experimento de baixo custo e manuseio, amparado por um *software* que mostra como é o comportamento observado no experimento, através de gráficos. Esse conjunto de ferramentas juntamente com as aulas tradicionais certamente tem êxito.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Geral

Desenvolver e aplicar uma sequência didática (produto educacional) que utilize o Viscosímetro de Stokes em conjunto com o software *Traker* para o ensino de Viscosidade em fluidos, visando uma aprendizagem significativa de Ausubel.

1.5.2. Específicos:

- ✓ Analisar os problemas conceituais enfrentados pelos alunos em relação a Viscosidade nos fluidos, e o movimento de esferas num meio viscoso; através da primeira aplicação do questionário diagnóstico;
- ✓ Propor um experimento de fácil acesso para determinação da Viscosidade usando materiais de fácil acesso;
- ✓ Avaliar a eficácia da sequência didática na compreensão dos conceitos físicos envolvidos, através da segunda aplicação do questionário.

1.6. CAMPO DE EXPERIMENTAÇÃO DO PRODUTO

A aplicação da Sequência Didática foi realizada na Escola de Tempo Integral Professor Manuel Vicente Ferreira Lima (CETI), no município de Coari, no estado do Amazonas, com duas turmas do 1º ano do Ensino Médio, composta por 30 alunos cada que possuem idades entre 15 e 18 anos, que, por meio de questionário de questões abertas, relataram o conhecimento que tinham sobre Fluidos.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em oito capitulo:

Capítulo 1: Introdução: Apresenta o tema, justificativa, objetivos e organização do trabalho.

Capítulo 2: Fundamentos de Física: Traz uma revisão aprofundada do conteúdo de Fluidos, abordando toda parte conceitual e as equações fundamentais que regem esse fenômeno. Aborda também o princípio do Viscosímetro de Stokes e as potencialidades do *Traker* no ensino de Física.

Capítulo 3: Fundamentos em ensino: discute os princípios da teoria que serve como alicerce para a dissertação. E tendo como seu autor o aclamado David Ausubel com sua teoria sobre aprendizagem significativa.

Capítulo 4: Revisão de Literatura: Faz uma contextualização do tema da pesquisa dentro do conhecimento científico existente, mapeando e sintetizando estudos anteriores sobre o tema. Identificando lacunas que justifiquem a dissertação.

Capítulo 5: O Produto Educacional: Mostra a descrição do Produto para preencher uma lacuna, tendo citações de teorias educacionais que embasam sua criação.

Capítulo 6: Aplicação do Produto Educacional: descreve a aplicação do Produto desenvolvido no capítulo anterior. E como foi testado em contexto real de ensino, validando sua eficácia e relevância para a educação básica.

Capítulo 7: A pesquisa: Abordagem de pesquisa, Procedimentos Metodológicos, Sujeitos da pesquisa, Instrumentos de coleta de dados, Análise de dados.

Capítulo 8: Resultados e Discussão: Apresentação dos dados, Análise e Interpretação, Relação com o Referencial teórico.

Capítulo 9: Conclusão: sintetiza as contribuições do trabalho, suas limitações e sugestões para pesquisas futuras.

Ao final, esperou-se que esta pesquisa contribua para o ensino de Mecânica dos Fluidos, demonstrando como a junção entre experimentação e tecnologia pode enriquecer a aprendizagem em Física

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS DE FÍSICA

2.1 FLUIDOS

Segundo Nussenzveig (2004), os fluidos — compreendendo líquidos e gases — são assim designados em virtude de sua propensão a sofrer deformações contínuas quando submetidos a tensões de cisalhamento, um comportamento intrínseco decorrente de sua propriedade de escoamento ou fluidez. Por outro lado, com os sólidos, que exibem forma e volume rigidamente definidos em condições isotérmicas, os líquidos preservam apenas a invariabilidade volumétrica, assumindo a conformação geométrica do recipiente que os confina. Conforme elucidado pelo autor: "A característica essencial de um fluido reside em sua inaptidão para manter configuração geométrica própria, adapta-se passivamente ao contorno do vaso que o contém, oferecendo resistência predominantemente a compressões volumétricas, não a distorções de forma." (Nussenzveig, 2004, p. 3).

Diferentemente dos corpos rígidos, os fluidos ideais possuem a característica de escoar independente da intensidade da força de cisalhamento a eles aplicada: "Num fluido ideal em escoamento estacionário, a soma da pressão da energia cinética por unidade de volume e da energia potencial gravitacional por unidade de volume não tem seu volume alterado ao longo de uma linha de corrente — este é o conteúdo fundamental do Teorema de Bernoulli." (Nussenzveig, 2004 p. 42).

Uma das características dos fluidos reais é a viscosidade, que mede a dificuldade de um fluido em escoar, ou seja, qual a pressão mínima necessária para causar o movimento de uma camada laminar em relação à outra paralela. Sendo assim, é mais fácil para um barco navegar num lago de água do que de outro fluido mais viscoso, por exemplo. Dessa maneira pode-se conceituar a viscosidade como o atrito ou fricção sob um corpo imerso devido a fluido em questão: "A viscosidade representa o atrito interno em um fluido em movimento, onde camadas adjacentes com velocidades diferentes trocam momento através de forças tangenciais." (Nussenzveig, 2004 p. 76).

Quando um paraquedista realiza um salto é incorreto dizer que ele está em queda livre, pois essa descrição obriga que a pessoa esteja submetida apenas à força gravitacional. Por outro lado, o ar atmosférico também é um fluido real que possui viscosidade, isto é, apresenta uma resistência contrária ao deslocamento do paraquedista sob o ar, amenizando assim a aceleração aplicada sobre o homem. Vale lembrar que Galileu, físico, matemático, astrônomo e filósofo, teve papel fundamental nos estudos pela lei da Inércia, e posteriormente estudou o lançamento de projéteis. Também deu grande contribuição para os estudos sobre a gravidade, onde observou que a aceleração durante a queda livre de um objeto era impossível ser medida

com precisão, pois a aceleração era maior em relação ao tempo de queda. (NUSSENZVEIG, 2013).

Em condições de equilíbrio hidrostático, não existem forças tangenciais, atuando apenas por meio de tensões normais. Os fluidos podem se apresentar nas formas líquida ou gasosa, podendo ser estudadas em maior ou menor grau de compressibilidade. No entanto, os líquidos possuem uma compressibilidade significativamente reduzida, o que permite, em diversas situações práticas, tratá-los como incompressíveis. Em contrapartida, os gases apresentam alta compressibilidade, sendo necessário, na maioria das análises, considerá-la explicitamente. A compreensão do comportamento dos fluidos está diretamente relacionada à sua estrutura microscópica. Como explica Nussenzveig (2004, p. 7), "a essência do comportamento fluido reside na mobilidade molecular: enquanto em sólidos as partículas vibram em posições fixas, nos fluidos elas deslizam umas sobre as outras com relativa liberdade, permitindo o escoamento e a adaptação contínua às fronteiras do recipiente".

Os líquidos se diferenciam por apresentarem volume definido e uma superfície livre bem delimitada quando em repouso, ao passo que os gases tendem a se expandir espontaneamente até ocuparem integralmente o volume do recipiente que os contém. A diferenciação fundamental entre essas duas fases da matéria insere-se no contexto mais amplo do comportamento dos fluidos. Conforme esclarece Nussenzveig (2004, p. 4), "um fluido é caracterizado por sua incapacidade de suportar tensões de cisalhamento em equilíbrio — adapta-se à forma do recipiente e exerce forças normais (pressão) em suas paredes. Essa propriedade singular distancia radicalmente fluidos (líquidos e gases) de sólidos elásticos". Dessa forma, a verificação do comportamento reológico dos fluidos exige considerar não apenas suas propriedades macroscópicas, mas também sua resposta às condições de confinamento e aplicação de forças externas.

No estudo da dinâmica dos fluidos, as forças que atuam sobre um elemento fluido podem ser classificadas em dois tipos fundamentais, nos quais todas as forças externas e internas podem ser decompostas: as forças normais que incidem na direção perpendicular à superfície do elemento, e as forças tangenciais que atuam paralelamente à superfície, ou seja, a 90° em relação à direção da força normal. Essa distinção é imprescindível para a compreensão do comportamento mecânico dos fluidos e das tensões que surgem em função das interações entre suas partículas e com as fronteiras do sistema. Como destaca Nussenzveig (2004, p. 38), "as forças atuantes sobre um elemento de fluido dividem-se em dois tipos fundamentais: (1) forças de superfície, como a pressão e as tensões viscosas, que atuam através das fronteiras do elemento; e (2) forças de volume, como a gravidade, que atuam a distância sobre toda a sua

massa”. A compreensão desses dois tipos de forças é essencial para a formulação das equações fundamentais da mecânica dos fluidos, como a equação de Navier-Stokes.

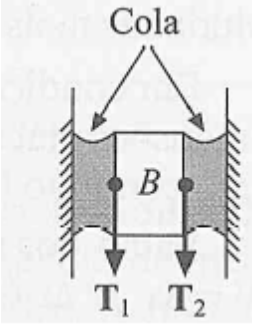


Figura 1.0 (Cisalhamento causado pelo peso): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 38.

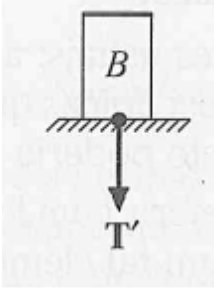


Figura 2.0 (Compressão causada pelo peso): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 38.

A seguir, é apresentado a formulação matemática da densidade, conforme estabelecida por Moysés Nussenzveig, acompanhada de sua definição conceitual. A densidade de um meio contínuo em um ponto específico é determinada pelo limite da razão entre a massa Δm, contida em um pequeno volume ΔV que envolve esse ponto, à medida que ΔV tende a zero. Trata-se de uma definição local, fundamental para o tratamento da mecânica dos fluidos em meios contínuos. Nas palavras de Nussenzveig (2004, p. 10): “A densidade ρ de um meio contínuo em um ponto é definida pelo limite da razão entre a massa Δm contida em um pequeno elemento de volume ΔV que envolve o ponto, quando ΔV tende a zero. ” Matematicamente, essa relação é expressa por:

$$\rho = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta m}{\Delta v} = \frac{dm}{dV}$$

$$\rho = \frac{dm}{dV}$$

Equação 1.0 (definição de densidade): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 13.

Considera-se que um fluido se encontra em equilíbrio quando todas as suas porções infinitesimais permanecem em repouso ou em movimento uniforme, ou seja, sem aceleração. Para que essa condição seja satisfeita, é crucial que a resultante das forças aplicadas sobre cada elemento de volume do fluido seja igual a zero. Essa anulação das forças garante a inexistência de movimento relativo entre as partes do sistema, estabelecendo a estabilidade do estado hidrostático. Como afirma Nussenzveig (2004, p. 13), "um fluido está em equilíbrio quando cada porção do fluido está em equilíbrio. Para isto, é necessário que a resultante das forças que atuam sobre cada porção do fluido se anule. " Essa condição é fundamental na formulação das leis que regem a estática dos fluidos, como a equação fundamental da hidrostática.

No contexto da mecânica dos meios contínuos, as forças que atuam sobre uma porção infinitesimal de fluido classificam-se em forças volumétricas e forças superficiais. As forças volumétricas são de longo alcance e atuam sobre toda a massa do fluido, independentemente de contato direto com outras porções do meio. Essas forças são na maioria das vezes a força gravitacional e a força eletromagnética. Nesse sentido, Batchelor (1967, p. 147) explica que "as forças de volume atuam em todo o volume do fluido e são proporcionais à massa do elemento de fluido", destacando sua natureza distributiva e contínua ao longo do meio.

Por outro lado, as forças superficiais são de curto alcance**,** resultantes das interações entre as partículas situadas nas interfaces entre porções adjacentes do fluido. Essas forças atuam apenas nas superfícies de contato do elemento fluido e sua intensidade é proporcional à área da superfície onde ocorrem as interações. Como esclarece Nussenzveig (2004, p. 13), "as forças superficiais são forças de interação entre uma dada porção do meio, limitada por uma superfície SSS, e porções adjacentes; são forças interatômicas, de curto alcance, transmitidas através da superfície SSS". A distinção entre essas duas categorias de força é essencial para a formulação precisa das equações de movimento em fluidos e para a compreensão dos mecanismos que regem sua dinâmica e estabilidade.

Considere a figura 3.0 uma superfície composta de água. Caso uma força $\vec{F}$ fosse aplicada em sua parte superior fazendo um ângulo θ com a normal da superfície. Um aluno, atento, perceberia que essa força geraria dois comportamentos no elemento de fluido. Parte dela é responsável pelo cisalhamento (força que faria a parte superior deslizar sobre o fluido interno):

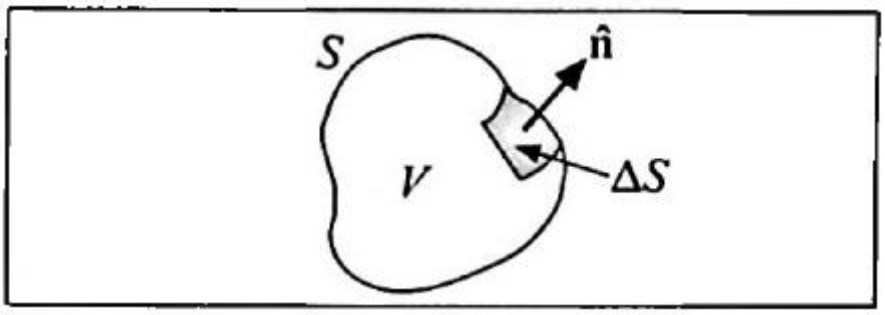


Figura 3.0 (Normal Externa): NUSSENZVEIG, H. M. “Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor”. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 2, p. 14.

As equações abaixo descrevem a componente de uma força F caso fosse aplicada, fazendo um determinado ângulo θ com a força normal. Ela permite entender como uma força pode ser decomposta para verificar seus efeitos em diferentes direções, sendo essencial para problemas que envolvem equilíbrio e movimento: "O componente tangencial da força superficial, por unidade de área, é denominado tensão de cisalhamento e é dado por $\tau = F_t/A = F \operatorname{sen}\theta/A$, onde θ é o ângulo entre o vetor normal à superfície e a força aplicada." (Kundu, Cohen, Dowling, 2015. p. 12).

$$Ft = |F| sin\ (\theta)$$

Equação 2.0 (equações de decomposição de forças): (Serway & Jewett, 2022, p. 110).

$$Fn = |F| cos\ (\theta)$$

Equação 3.0 (equações de decomposição de forças): (Serway & Jewett, 2022, p. 110).

Quando se estuda o comportamento de fluidos, seja em repouso ou em movimento, é importante compreender como as forças se aplicam sobre superfícies. Essas duas equações tem uma relação com a pressão hidrostática. Vale lembrar que a pressão é um conceito fundamental na mecânica dos fluidos e é conceituada como a força normal por unidade de área. Matematicamente, escrita como: "A pressão hidrostática em um ponto de um fluido em repouso é diretamente proporcional à profundidade desse ponto e à densidade do fluido, sendo dada por $p = p_0 + \rho gh$, onde p_0 é a pressão na superfície livre, ρ é a densidade do fluido, g a aceleração da gravidade e h a profundidade" (Fox, Mcdonald, Pritchard, 2014. p. 67).

$$p = -\lim_{\Delta S \to 0}\left(\frac{\Delta Fn}{\Delta S}\right)$$

$$p = -\frac{dFn}{dS}$$

Equação 4.0 (definição de pressão): (Nussenzveig, 2014, p. 13).

A pressão, por definição, é positiva. Por isso existe o sinal negativo antes da derivada, uma vez que Fn era negativa, pelo referencial escolhido (eixo y):

O sinal negativo na equação fundamental da hidrostática, $dp = -\rho g\, dz$, surge da convenção de que a coordenada z é positiva para cima. Como a pressão aumenta com a profundi-

dade (direção oposta a z), o gradiente de pressão deve ser negativo para representar corretamente esta relação física. Esta convenção assegura que a pressão cresça quando a elevação diminui (Çengel, Cimbala, 2015. p. 68).

Em regime de repouso, a pressão em um fluido submetido ao equilíbrio hidrostático depende exclusivamente da profundidade e da densidade do meio, sendo formalizada pela equação fundamental da hidrostática. Conforme Nussenzveig (2004, p. 7), "a pressão no interior do fluido aumenta linearmente com a profundidade". Essa relação pode ser expressa em formas diferencial e integral, onde constitui a base para diversas aplicações em mecânica dos fluidos, engenharia hidráulica e física, incluindo o dimensionamento de reservatórios, o estudo de vasos comunicantes e a análise de tensões em barragens.

A equação fundamental da hidrostática, $dp/dz = -\rho g$, que pode ser integrada para $p = p_0 + \rho gh$ em fluidos incompressíveis, permanece como a pedra angular da estática dos fluidos. Esta relação simples, porém, poderosa, descreve como o balanço entre o gradiente de pressão e a força gravitacional mantém o equilíbrio hidrostático, com aplicações que vão desde engenharia oceânica até a modelagem atmosférica (Anderson, 2023. p. 156).

$$dp = -\rho g\, dz,$$

Equação 5.0 (Equação fundamental da hidrostática): Nussenzveig, (2014, p. 17).

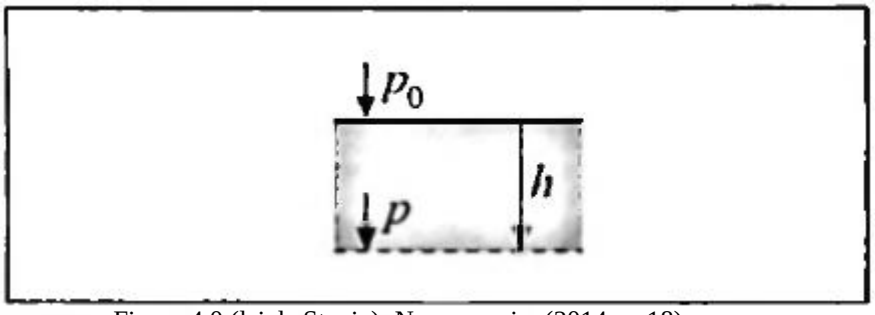


Figura 4.0 (lei de Stevin): Nussenzveig, (2014, p. 18).

De maneira análoga, é imprescindível abordar o Princípio de Arquimedes devido à sua relevância fundamental para a compreensão do comportamento dos fluidos. Formulado pelo matemático grego Arquimedes no século III a.C., este princípio constitui um dos pilares da Hidrostática, sendo essencial para explicar os fenômenos de flutuação e submersão de corpos em fluidos. Conforme descrito por White (2011, p. 45), "um corpo imerso total ou parcialmente em um fluido sofre uma força vertical para cima, denominada empuxo, cujo módulo é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo". Tal conceito é crucial para diversas aplicações em engenharia naval, hidrologia e física dos fluidos.

O Princípio de Pascal, em sua formulação moderna, descreve a transmissão isotrópica da pressão em meios fluidos confinados, sendo uma consequência direta da conservação do

momento em sistemas hidrostáticos. Esse princípio é importante para o aprimoramento de tecnologias avançadas, como micro atuadores hidráulicos e sistemas de frenagem por wire em veículos autônomos, onde a transferência precisa e eficiente de pressão é essencial para o funcionamento e a segurança dos dispositivos. Conforme explicado por White (2011, p. 25), "a pressão aplicada em um fluido confinado é transmitida integralmente e com a mesma intensidade em todas as direções do fluido", o que fundamenta a base teórica para o princípio em questão.

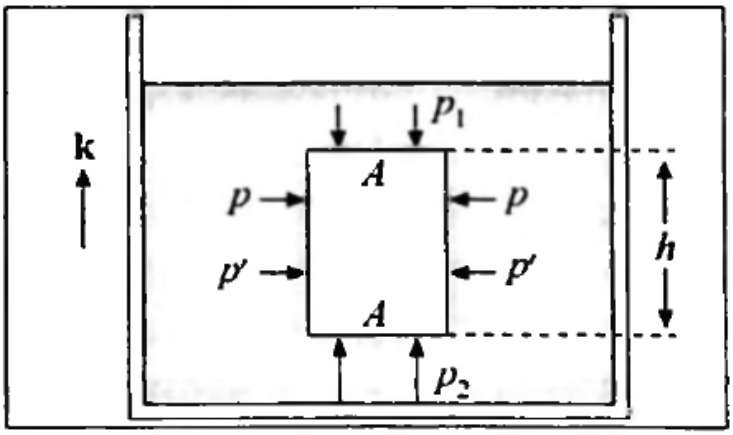


Figura 5.0 (Princípio de Arquimedes): Nussenzveig, (2014, p. 21).

Quando se estuda a Figura 1.1.4, onde representa um corpo cilíndrico circular de área da base A e altura h, totalmente imerso num fluido de densidade ρ em equilíbrio hidrostático. Este exemplo ilustra como as forças de pressão se aplicam no corpo submerso e mostra naturalmente à compreensão do Princípio de Arquimedes. As forças de pressão na superfície lateral (P e P' na figura) equilibram-se duas a duas. E para cada elemento de área na lateral, existe um elemento oposto com pressão equivalente, tendo como resultado uma soma vetorial nula na direção horizontal: "Por simetria, vemos que as forças sobre a superfície lateral do cilindro se equilibram duas a duas [pressões (P, P) ou (P', P') na figura]. Entretanto, a pressão P2, exercida pelo fluido sobre a base inferior é maior do que a pressão P1 sobre a base superior" (Nussenzveig, 2004, p. 21).

$$P_2 - P_1 = \rho g h$$

Equação 5.0 (Lei de Stevin): (NUSSENZVEIG, 2014, p. 17.).

Quando um cilindro é totalmente imerso em um fluido em equilíbrio hidrostático, as forças de pressão atuam em toda a sua superfície. A resultante dessas forças superficiais — obtida pela integração da pressão normal ao longo da superfície — constitui a força de empuxo, uma grandeza fundamental no estudo de corpos submersos e no estabelecimento do Princípio

de Arquimedes. Nussenzveig (2004, p. 11) formula esse princípio de forma bastante clara: “Um corpo total ou parcialmente imerso num fluido recebe do fluido um empuxo igual e contrário ao peso da porção de fluido deslocada e aplicado no centro de gravidade da mesma. ”

O empuxo é uma força hidrostática da integração das forças de pressão sobre a superfície de um corpo imerso. Matematicamente, E = ρ_f · V_d · g, onde ρ_é a densidade do fluido, V o volume deslocado e g a aceleração gravitacional. Este princípio fundamental da estática dos fluidos tem aplicações críticas em projetos navais, aerostáticos e sistemas de flutuação (White, 2020).

$$E = P_2A - P_1A = \rho gh = \rho gV = m.g$$

Equação 6.0 (Empuxo): Nussenzveig (2014, p. 22).

2.2 UMA BREVE HISTÓRIA SOBRE O VISCOSÍMETRO DE STOKES

O desenvolvimento da equação que descreve o movimento de fluidos viscosos ao longo do tempo representa um marco crucial na história da mecânica dos fluidos. Claude-Louis Navier, em 1822, foi o primeiro a propor uma formulação que agrega os efeitos da viscosidade ao movimento dos fluidos, baseado em analogias com a teoria da elasticidade. Contudo, foi Sir George Gabriel Stokes quem, em meados do século XIX, consolidou essa formulação ao introduzir condições de contorno mais adequadas e ao descrever rigorosamente o comportamento de fluidos em escoamentos com baixos números de Reynolds, nos quais os efeitos inerciais são desprezíveis.

Esse desenvolvimento conceitual resultou na descoberta da equação de Navier–Stokes, que se mostrou importante para o estudo dos escoamentos viscosos, abrangendo desde situações laminares simples até fluxos turbulentos de alta complexidade. E como destaca White (2011, p. 123), “a equação de Navier–Stokes representa a conservação da quantidade de movimento para um fluido viscoso newtoniano, e sua formulação foi possibilitada pelos esforços pioneiros de Navier e Stokes na compreensão dos efeitos viscosos no escoamento”.

As equações de Navier-Stokes se firmam como um dos pilares centrais da dinâmica dos fluidos, sendo ferramentas decisivas para a modelagem de escoamentos viscosos em diversos contextos da engenharia, meteorologia, oceanografia e física teórica. No entanto, a compreensão completa dessas equações — em especial no que tange à existência e regularidade global de soluções suaves no espaço tridimensional — ainda constitui um dos problemas abertos mais profundos da Matemática contemporânea. Tal complexidade é reconhecida inclusive pelo Clay Mathematics Institute, que incluiu a questão entre os sete Problemas do

Prêmio do Milênio (Fefferman & McCormick, 2000).

O denominado fluxo de Stokes, assim intitulado em referência à abordagem desenvolvida por George Gabriel Stokes para o estudo de escoamentos viscosos, constitui um modelo matemático aplicável em regimes de baixo número de Reynolds. Trata-se, portanto, de uma simplificação relevante das equações gerais da dinâmica dos fluidos, aplicável a situações onde o movimento ocorre de forma lenta e suave (Batchelor, 1967).

Em 1883, o engenheiro e físico irlandês Osborne Reynolds adicionou uma medida adimensional vastamente usado na mecânica dos fluidos, hoje amplamente usado e conhecido como número de Reynolds, que facilita e prever o regime de escoamento de um fluido com base em suas propriedades estáticas e dinâmicas, como velocidade, densidade, viscosidade dinâmica e dimensão característica do sistema. Depois de resultados práticos, Reynolds demonstrou a correlação entre a velocidade de escoamento e o comportamento do fluido, evidenciando a transição entre os regimes laminar e turbulento (Reynolds, 1883).

O trabalho pioneiro de Osborne Reynolds, publicado em 1883, transcende significativamente seu contexto histórico e científico original do século XIX, continuando surpreendentemente notável para os avanços contemporâneos na dinâmica dos fluidos. Embora desenvolvido em plena era vitoriana, o estudo experimental de Reynolds estabeleceu princípios fundamentais que continuam a orientar tanto a investigação teórica quanto as aplicações práticas no século XXI (Zheng; Andersson, 2023).

Para tal finalidade, Reynolds estabeleceu uma configuração experimental na qual utilizou água tingida, introduzida no centro da seção transversal de um escoamento principal de água limpa, com o intuito de observar o comportamento do fluxo dentro de um tubo de vidro. Essa abordagem contribuiu para observação direta das transições entre os regimes laminar e turbulento. Os estudos pioneiros de Reynolds foram fundamentais para o desenvolvimento da mecânica dos fluidos, constituindo a base empírica sobre a qual se sustenta uma ampla gama de experimentações e investigações contemporâneas acerca do comportamento dos fluidos.

Em 1877, o físico e engenheiro irlandês Osborne Reynolds criou uma técnica inédita para o estudo dos fluidos: a utilização de faixas coloridas para tornar visíveis os movimentos de um líquido em escoamento. Essa abordagem permitiu observar, de forma clara, os padrões de deslocamento do fluido dentro de tubos, possibilitando a distinção entre dois regimes de fluxo até então difíceis de caracterizar experimentalmente: o fluxo laminar e o fluxo turbulento. No fluxo laminar, as partículas do fluido seguem trajetórias suaves e paralelas, enquanto no regime turbulento o movimento torna-se caótico e desordenado, com misturas e redemoinhos imprevisíveis. (JACKSON, LAUDER, 1997).

O princípio de funcionamento do viscosímetro de Stokes ancora-se na determinação da velocidade de queda livre de uma esfera ao atravessar um fluido cuja viscosidade se deseja mensurar. A dinâmica do movimento de um corpo imerso em um fluido é condicionada por diversos fatores, tais como a densidade do material, as dimensões e a geometria do corpo, bem como as propriedades físico-químicas do fluido:

> "Contemporary velocity field determination via neural networks assimilates sparse sensor data with governing equations, achieving accuracy comparable to PIV at 1/100th the computational cost – a paradigm shift first enabled by Reynolds' foundational work on flow characterization" (Fukami, Taira, 2024, p. 580-581).[1]

A determinação da viscosidade por meio do viscosímetro de Stokes apresenta-se como um procedimento experimental relativamente simples e acessível, sobretudo em ambientes acadêmicos e laboratoriais de ensino. A praticidade desse método parte, principalmente, da reduzida complexidade dos equipamentos envolvidos, da facilidade de observação do experimento e da relação direta entre os parâmetros físicos mensuráveis e a viscosidade. Além disso, o procedimento dispensa técnicas sofisticadas de instrumentação, o que o torna particularmente útil para fins didáticos, ao facilitar a compreensão conceitual dos fenômenos de resistência viscosa e escoamento interno em meios contínuos:

> The local fluid velocity can be directly measured using Particle Image Velocimetry (PIV), where the displacement of tracer particles between two laser pulses yields the velocity field via cross-correlation algorithms. This method provides non-intrusive, high-resolution data essential for validating numerical simulations (Raffel, Willert, Scarano, 2018, p. 157).[2]

O desenvolvimento do viscosímetro de Stokes representa uma contribuição significativa para a ciência, especialmente no campo da mecânica dos fluidos e da reologia. É uma metodologia experimental simples, acessível e reprodutível, que permanece amplamente utilizada em contextos acadêmicos, industriais e de pesquisa:

> Modern refinements of the falling dye-tagged sphere experiment combine refractive-index-matched fluids and laser-induced fluorescence (LIF) to quantify 3D wake dynamics. These methods reveal previously unresolved vortex shedding regimes at intermediate Reynolds numbers ($0.1 < Re < 100$), bridging the gap between Stokes flow and turbulence onset. (Varghese, Frankel, Fischer, 2023, p. 78).[3]

---

[1] A determinação contemporânea do campo de velocidade por meio de redes neurais assimila dados de sensores esparsos com equações governantes, alcançando uma precisão comparável à PIV a 1/100 do custo computacional – uma mudança de paradigma possibilitada primeiro pelo trabalho fundamental de Reynolds na caracterização do fluxo Fukami, Taira, 2024, p. 580-581). (Tradução nossa).

[2] A velocidade do fluido local pode ser medida diretamente usando Velocimetria por Imagem de Partículas (PIV), onde o deslocamento de partículas traçadoras entre dois pulsos de laser fornece o campo de velocidade através de algoritmos de correlação cruzada. Este método fornece dados não intrusivos e de alta resolução essenciais para validar simulações numéricas (Raffel, Willert, Scarano, 2018, p. 157). (Tradução nossa).

[3] Refinamentos modernos do experimento da esfera marcada com tinta que cai combinam fluidos com índice de refração correspondente e fluorescência induzida por laser (LIF) para quantificar a dinâmica do rastro em 3D. Esses métodos revelam regimes de desprendimento de vórtices anteriormente não resolvidos em números de

Ao ser liberada a partir do repouso, a esfera inicia seu movimento no interior do fluido, acelerando até atingir uma velocidade constante, denominada velocidade terminal. Nesse ponto, a soma vetorial das forças atuantes sobre o corpo: peso, empuxo e força de arrasto viscoso torna-se nula, caracterizando uma condição de equilíbrio dinâmico. A Lei de Stokes, conforme previamente contextualizado, estabelece uma relação quantitativa entre a força viscosa de arrasto e a velocidade de deslocamento da esfera, sendo essa correlação importante para o cálculo da viscosidade do fluido. Essa relação é mostrada na equação abaixo: "In microfluidic systems, the Stokes drag law (Fv=6πμRv) governs particle dynamics but must be corrected for wall effects (Faxén's law) and non-Newtonian fluids. Recent experiments with viscoelastic fluids show deviations up to 20% due to polymer entanglement" (Squires, Quake, 2023, p. 95). [4]

$$Fv = 6\pi\mu Rv$$

Equação 7.0 (equação da força de arrasto viscoso): (Batchelor. 2023 p. 230-233)

É obrigatório realizar a derivação matemática completa das equações de Navier-Stokes, levando em consideração o caso específico de uma esfera mergulhada em um fluido sob regime de escoamento com número de Reynolds significativamente baixo. Nesses parâmetros, denominado regime de Stokes ou regime laminar extremo, as forças inerciais tornam-se irrelevantes em relação às forças viscosas, o que possibilita a simplificação das equações e a obtenção de soluções analíticas que descrevem com precisão o comportamento do escoamento ao redor do corpo esférico.

$$\nabla\rho = \mu\nabla^2 u$$

Equação 8.0 (Equação de Stokes): Landau & Lifshitz (1987).

A equação $\nabla\rho = \mu\nabla^2 u$ é uma forma simplificada das equações de Navier-Stokes, válida para o regime de escoamento altamente viscoso ou de número de Reynolds muito baixo. Nessa ótica, as forças inerciais tornam-se desprezíveis em relação às forças viscosas, de modo que o termo não linear das equações de Navier-Stokes pode ser eliminado, resultando em um modelo linear que descreve o comportamento do fluido em condições de escoamento lento e estável.

Reynolds intermediários (0,1 < Re < 100), preenchendo a lacuna entre o fluxo de Stokes e o início da turbulência. (Varghese, Frankel, Fischer, 2023, p. 78). (Tradução nossa).

[4] Em sistemas microfluídicos, a lei de arrasto de Stokes (Fv=6πμRv) governa a dinâmica das partículas, mas deve ser corrigida para efeitos de parede (lei de Faxén) e fluidos não newtonianos. Experimentos recentes com fluidos visco elásticos mostram desvios de até 20% devido ao emaranhamento de polímeros, (Squires, Quake, 2023, p. 95). (Tradução nossa).

Conforme discutido por (Landau; Lifshitz, 1987, p. 230–233), esta formulação é essencial para a análise de fenômenos como a sedimentação de partículas, o movimento de objetos microscópicos em meios viscosos e a descrição de escoamentos em microescala, sendo amplamente utilizada em reologia, bioengenharia e microfluídica. Sua linearidade e elegância matemática também permitem soluções analíticas em diversas geometrias, contribuindo de maneira significativa para o avanço da mecânica dos fluidos em regimes de baixa velocidade.

$$\nabla u = 0$$

Equação 9.0 (Equação da Incompressibilidade): Landau & Lifshitz (1987).

A equação $\nabla u = 0$, apresenta uma condição importante no estudo de escoamentos de fluidos incompressíveis. Essa equação apresenta que a divergência do campo de velocidade u seja nula, o que implica, fisicamente, que o volume específico de uma parcela fluida permanece constante ao longo do tempo.

Conforme discutido por Landau e Lifshitz (1987), essa equação tem papel central na formulação teórica da mecânica dos fluidos clássica, sobretudo em problemas que envolvem escoamentos de baixa compressibilidade, como os observados em líquidos e em gases sob condições quase estáticas. Sua aplicação é essencial tanto em abordagens analíticas quanto em simulações numéricas, como as realizadas em métodos de elementos finitos ou volumes finitos, uma vez que assegura a conservação do volume no domínio do fluido.

Vale ressaltar que é fundamental não esquecer das grandezas físicas envolvidas, tais como, aceleração da gravidade, densidade desse objeto que terá formato esférico, densidade do fluido, viscosidade por onde a esfera irá deslizar, e sobretudo a velocidade terminal que será fundamental para se obter os dados necessários para pesquisa:

> In the modified Stokes viscometer using soybean oil, dye-tagged spheres (R = 1.0 ± 0.01 mm) enable direct flow visualization. The terminal velocity (v_t) is measured via laser-sheet illumination, while viscosity (μ) is calculated accounting for shear-thinning effects (n = 0.92 ± 0.03) at low shear rates ($\dot{\gamma} < 10\ s^{-1}$). This approach bridges classical hydrodynamics with non-Newtonian characterization. (Oliveira, 2022, p. 333).[5]

A precisão na montagem experimental de um viscosímetro de Stokes, ainda que desenvolvido de forma artesanal, constitui um fator determinante para a obtenção de resultados confiáveis no cálculo da viscosidade de fluidos. Tal exigência se apoia do fato de que o método

[5] No viscosímetro de Stokes modificado usando óleo de soja, esferas marcadas com corante (R = 1,0 ± 0,01 mm) permitem a visualização direta do fluxo. A velocidade terminal (v_t) é medida por meio de iluminação em folha de laser, enquanto a viscosidade (μ) é calculada levando em conta os efeitos de redução de espessura (n = 0,92 ± 0,03) em baixas taxas de cisalhamento ($\dot{\gamma} < 10\ s^{-1}$). Esta abordagem conecta a hidrodinâmica clássica com a caracterização não-newtoniana. (Oliveira, 2022, p. 333). (Tradução nossa).

se baseia na medição indireta da força de arrasto viscoso exercida sobre uma esfera em queda livre em meio fluido, sendo altamente sensível a variações em parâmetros como o diâmetro da esfera, a homogeneidade do fluido, o alinhamento vertical do tubo e a estabilidade térmica do sistema:

> In the soybean oil Stokes viscometer experiment, a dye-coated steel sphere (ρ_s = 7,800 kg/m³, R = 1.0 mm) is released into a temperature-controlled column of degassed soybean oil (ρ_f = 919 kg/m³ at 25°C). The terminal velocity (v_t) is measured via laser-sheet-illuminated high-speed imaging (500 fps), while the dynamic viscosity (μ) is calculated from Stokes' law with Faxén's wall correction. The dye streaklines visualize laminar flow separation at Re ≈ 0.3, confirming the validity of creeping flow assumptions (Costa 2021, p. 292).[6]

A maioria dos líquidos viscosos apresenta uma diminuição expressiva em sua resistência ao escoamento com o aumento da temperatura, evidenciando um incremento em sua fluidez sob condições térmicas elevadas. O comportamento reológico de um fluido frente a variações de temperatura, pressão ou tensão de cisalhamento está diretamente relacionado às suas propriedades físico-químicas intrínsecas, permitindo sua classificação em fluidos newtonianos ou não newtonianos.

2.3 AS FORÇAS ATUANTES NUMA BOLHA DE CORANTE EM QUEDA NUM MEIO VISCOSO

No campo da dinâmica dos fluidos, a equação Fv+E=P pode ser interpretada como uma forma sintética que expressa a interação entre forças dissipavas, contribuições energéticas e o resultado físico global de um sistema fluido. Nesse contexto, essa equação representa a força viscosa, relacionada à resistência interna ao escoamento provocada pela viscosidade do fluido.

A equação 1.1.8 descreve o equilíbrio de forças que agem sobre uma esfera de corante em deslizando dentro de um fluido viscoso:

$$Fv + E = P$$

Equação 10.0 (Equação de Equilíbrio de Forças no Viscosímetro de Stokes). Kundu, Cohen, Dowling, (2018, p. 429).

$\boldsymbol{Fv}$ (Força viscosa ou de arrasto) Definição: Resistência que o fluido exerce contra o movimento do objeto.

$\boldsymbol{E}$ (Empuxo) Definição: Força exercida pelo fluido sobre o objeto, opondo-se ao peso.

---

[6] No experimento do viscosímetro de Stokes com óleo de soja, uma esfera de aço com revestimento de corante (ρ_s = 7.800 kg/m³, R = 1,0 mm) é liberada em uma coluna de óleo de soja degasificado controlada por temperatura (ρ_f = 919 kg/m³ a 25°C). A velocidade terminal (v_t) é medida por meio de uma imagem de alta velocidade iluminada por uma folha de laser (500 fps), enquanto a viscosidade dinâmica (μ) é calculada a partir da lei de Stokes com a correção de parede de Faxén. As linhas de corante visualizam a separação do fluxo laminar em Re ≈ 0,3, confirmando a validade das suposições de fluxo lento (Costa 2021, p. 292). (Tradução nossa).

$\boldsymbol{P}$ (Peso do Objeto) Definição: Força gravitacional que age sobre o corpo.

A equação do peso da esfera também tem importância vital para o viscosímetro de Stokes.

Essa equação é útil em diversas aplicações, como no cálculo da força gravitacional em corpos celestes, no dimensionamento de estruturas esféricas ou na modelagem de gotas em fluidos. No entanto, suas simplificações como a suposição de densidade uniforme e gravidade constante, limitam sua aplicação em casos mais complexos, como corpos com densidade variável ou em ambientes com campos gravitacionais não uniformes. Sendo as forças peso e empuxo, respectivamente, definidas como:

$$P = mg = \rho_e \frac{4}{3}\pi R^3 g$$

Equação 11.0 (peso de uma esfera): Frank, White, (2018, p. 80).

$\boldsymbol{P}$(Peso) Definição: Força gravitacional exercida sobre um corpo devido à atração de um campo gravitacional (como o da Terra).

Unidade (SI): Newton (N) ou kgf (quilograma-força).

Observação: Diferencia-se de massa (que é uma propriedade intrínseca do objeto), pois o peso depende da aceleração gravitacional local (g).

$\boldsymbol{m}$ (Massa) Definição: Medida da quantidade de matéria contida no objeto.

Unidade (SI): Quilograma (kg).

$\boldsymbol{g}$ (Aceleração da Gravidade) Definição: Aceleração causada pela atração gravitacional de um corpo massivo (ex.: Terra, Lua).

Valor padrão na Terra: ≈ 9,81 m/s^2 (varia ligeiramente com altitude e latitude).

$\boldsymbol{\rho_e}$ (Densidade do Material) Definição: Massa por unidade de volume do material que compõe o objeto ($\rho_e = m/V$).

Unidade (SI): kg/m^3.

$\boldsymbol{\frac{4}{3}\pi R^3}$ (Volume da Esfera) Definição: Fórmula do volume de uma esfera de raio R.

Unidade (SI): m^3.

Relação com o raio: O volume cresce com o cubo do raio (R^3), significando que pequenos aumentos em R causam grandes variações no volume (e, portanto, na massa e no peso). Desde a coroa de Hierão até os modernos projetos de engenharia atualmente, o empuxo permanece sendo fundamental para compreender fenômenos naturais e tecnológicos. E seu estudo esclarece como uma simples observação: como a experiência de Arquimedes em sua banheira pôde transformar-se em uma lei fundamental da ciência.

$$E = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_f g$$

Equação 12.0 (Empuxo): Frank, White, (2018, p. 82).

$\boldsymbol{E}$ (Empuxo). Definição: Força hidrostática vertical aplicada por um fluido sobre um corpo imerso, orientada contrariamente à força gravitacional. E quantitativamente, equivale ao peso do volume de fluido deslocado pelo corpo (Princípio de Arquimedes).

$\boldsymbol{\frac{4}{3}\pi R^3}$ (Volume da Esfera). Definição: Fórmula geométrica do volume de uma esfera de raio R.

Unidade SI: Metro cúbico (m^3).

$\boldsymbol{R}$ (Raio da Esfera). Definição: Distância do centro da esfera à sua superfície, parâmetro fundamental para cálculo do volume.

Unidade SI: Metro (m).

$\boldsymbol{\rho_f}$ (Densidade do Fluido). Definição: Massa por unidade de volume do fluido.

Unidade SI: Quilograma por metro cúbico (kg/m^3).

$\boldsymbol{g}$(Aceleração da Gravidade). Aceleração provocada pela atração gravitacional de um corpo massivo (ex.: Terra).

Unidade SI: Metro por segundo ao quadrado (m/s^2).

Cada termo da equação exerce um papel distinto e fundamental na determinação do empuxo. Compreendê-los individualmente permite aplicações precisas em problemas práticos, desde o dimensionamento de embarcações até a modelagem de fenômenos geofísicos, reforçando a universalidade do Princípio de Arquimedes.

E agora ssubstituindo as definições dadas pelas equações da força de viscosidade, força peso e força de empuxo, pode-se escrever a equação das forças resultantes da seguinte forma. E a mesma representa o equilíbrio de forças atuando sobre uma partícula esférica em movimento em um fluido viscoso, combinando contribuições da Lei de Stokes (1851) e do Princípio de Arquimedes (século III a.C.). Esta expressão é importante para compreender fenômenos como sedimentação, movimento de aerossóis e processos industriais envolvendo partículas em suspensão:

$$6\pi\mu R v_L + \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_f g = mg$$

Equação 13.0 (equação do equilíbrio de forças): Frank, White, (2016, p. 453).

A combinação desses conceitos na equação analisada, representou um marco no estudo de sistemas partícula-fluido. Esta equação carrega séculos de desenvolvimento científico, desde os princípios fundamentais de Arquimedes até as contribuições de Stokes. E sua aplicação

transcende disciplinas. E representa um marco fundamental no estudo da dinâmica de partículas em fluidos viscosos. Desenvolvida no século XIX pelo físico e matemático irlandês George Gabriel Stokes, a equação sintetiza princípios da hidrodinâmica clássica e do equilíbrio de forças, integrando contribuições anteriores de Arquimedes (século III a.C.) e Navier-Stokes (século XIX):

$$v_L = \frac{2}{9\mu} R^2 (\rho_e - \rho_f) . g$$

Equação 14.0 (velocidade terminal de uma esfera em um fluido viscoso:): Frank, White, (2016, p. 457).

O desenvolvimento histórico ilustra o desenvolvimento da física matemática desde Arquimedes até atualmente, enquanto suas aplicações modernas a tornam fundamentais em campos que vão da nanotecnologia à geofísica. E entender seus termos e limitações é essencial para modelagem precisa em sistemas reais.

Ao falar em termos da viscosidade, tem-se a equação que representa uma reformulação clássica da velocidade terminal de Stokes, isolando o coeficiente de viscosidade dinâmica. O desenvolvimento desta relação específica aparece como ferramenta para determinação experimental da viscosidade.

$$\mu = \frac{2}{9v_L} R^2 (\rho_e - \rho_f) . g$$

Equação 15.0 (equação da viscosidade dinâmica): STOKES (2016, p. 106).

Esta equação permite determinar experimentalmente a viscosidade de um líquido através da medição do espaço percorrido pela esfera num determinado intervalo de tempo, conhecidas as densidades do corpo e do líquido e o raio da esfera. A simplicidade conceitual aliada à precisão experimental faz desta relação um dos pilares da mecânica dos fluidos aplicada, demonstrando a perene importância dos trabalhos fundamentais de Stokes na ciência contemporânea.

A equação que conceitua a densidade de objetos esféricos também foi importante com todo seu arcabouço físico, e possui raízes profundas na história da ciência. A formulação remonta aos trabalhos de Arquimedes no século III a.C., quando o sábio grego estabeleceu pela primeira vez a conexão entre o volume esférico e seu raio em sua obra "*Sobre a Esfera e o Cilindro*". Vale lembrar que durante a Revolução Científica, a equação ganhou protagonismo matemático através do cálculo diferencial, permitindo aplicações mais sofisticadas. Cientistas como Newton utilizaram-na para estudar tanto objetos terrestres quanto corpos celestes.

$$\rho_{esf} = \frac{m_{esf}}{\frac{4}{3}\pi {R_{esf}}^3}$$

Equação 16.0 (densidade de uma esfera em um fluido viscoso:): Serway, Jewett, (2016. v. 2, p. 360).

A validade permanece inalterada para esferas perfeitas e materiais homogêneos, apesar de necessitar de adaptações para objetos irregulares ou materiais compósitos. A precisão dos resultados depende criticamente da medição acurada do raio, cujo erro se propaga cubicamente no cálculo final.

Este exemplo notável de relação físico-matemática demonstra como conceitos antigos, quando devidamente formalizados, podem transcender eras e permanecer úteis por milênios, servindo tanto à ciência fundamental quanto a aplicações tecnológicas modernas.

2.4 MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO APARATO SIMULANDO O VISCOSÍMETRO DE STOKES

2.4.1 PREPARAÇÃO DO FLUIDO.

Inicialmente, realizou-se a medição do fluido em estudo, que posteriormente foi transferido para uma bureta plástica graduada. O sistema experimental foi composto por um tubo cilíndrico transparente de polipropileno, selecionado por suas especialidades de transparência óptica, baixo custo e ampla disponibilidade no mercado. Este recipiente foi preenchido com o fluido viscoso objeto de estudo - no presente caso, óleo de soja comercial.

O aparato foi posicionado verticalmente utilizando uma base de sustentação acoplada ao próprio cilindro. Esse cuidado experimental foi fundamental para assegurar que a esfera marcadora percorresse uma trajetória linear durante seu movimento descendente, minimizando assim efeitos de parede e outras interferências hidrodinâmicas.

E como destacado na literatura especializada: "A precisão na determinação da viscosidade pelo método de Stokes depende estritamente da correta montagem do viscosímetro, abrangendo alinhamento vertical, controle de temperatura e calibração do tempo de queda da esfera. Eventuais erros nessa etapa comprometem a confiabilidade dos resultados" (BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2002, p. 31). Neste momento, a montagem experimental proposta procurou atender rigorosamente a esses requisitos metodológicos.

A escolha do óleo de soja como fluido padrão justifica-se por suas propriedades reológicas bem caracterizadas na literatura e por apresentar comportamento newtoniano na faixa de tensões aplicadas (MORRISON, 2001). O diâmetro interno da coluna de Stockes (5 cm) foi especificamente escolhido para ser significativamente maior que o diâmetro das esferas

(1 mm), atendendo assim a condição de parede infinita fundamental para aplicação da Lei de Stokes.

Duas marcas (A e B) foram feitas na coluna de plástico, sendo a distância de 30 cm, distante o suficiente para que pudesse ser observado o movimento e calculasse a velocidade ao passar pela marca. Nesse momento foram utilizadas esferas de corante, com diâmetro de 5 mm, e um cronômetro para medir o movimento de queda entre as duas marcas: "A determinação precisa da viscosidade pelo método de Stokes exige que o viscosímetro seja perfeitamente vertical e que o fluido esteja em repouso, pois qualquer inclinação ou turbulência afeta o tempo de queda da esfera e, consequentemente, o cálculo da viscosidade" (Fox; Mcdonald; Pritchard, 2014, p. 78).

O professor pesquisador percebeu que elas percorreram uma certa distância e, assim, atingiram uma velocidade constante. Quando a esfera foi liberada, a sua velocidade de queda foi aumentando e, consequentemente, a força de arraste também aumentou, até que, em um certo momento, a força de arraste somada com o empuxo causado pelo fluido se igualou à força peso da esfera: "Quando uma esfera pequena e rígida se move através de um fluido viscoso em regime laminar (baixo número de Reynolds), a força de arrasto é dada pela lei de Stokes, e sua velocidade terminal é diretamente proporcional à diferença de densidade entre a esfera e o fluido, e inversamente proporcional à viscosidade do meio" (White, 2016, p. 215).

Quando essa situação ocorreu, o somatório das forças resultantes na esfera foi, com isso, a aceleração da mesma também foi nula, fazendo com que ela se movesse com velocidade constante, também chamada de velocidade limite. Vale pontuar que, para minimizar os erros do experimento, foram realizadas 10 réplicas do experimento para o fluido, ou seja, foram lançadas 10 esferas de corante no viscosímetro construído. A repetição experimental constitui um procedimento essencial para a validação dos resultados obtidos, uma vez que possibilita a identificação de erros sistemáticos, a análise da precisão das medições e a verificação da reprodutibilidade dos dados. Tal prática é indispensável para assegurar a consistência e a robustez das conclusões derivadas do experimento. (Barbosa; Silva, 2019).

A partir dos dados experimentais coletados juntamente com os alunos, com base nos princípios estabelecidos pela Lei de Stokes, foi possível calcular com precisão a viscosidade dinâmica do óleo de soja em análise, bem como o respectivo número de Reynolds associado ao escoamento da esfera.

Durante a fase experimental, observou-se que, ao ser liberada no interior do fluido, a esfera de corante atingiu rapidamente uma condição de movimento uniforme, caracterizado por velocidade terminal constante, conforme previsto teoricamente. No entanto, ao aproximar-se da

região inferior da coluna do viscosímetro, observou-se uma desaceleração progressiva do corpo, atribuída predominantemente à dissipação de energia cinética decorrente das interações moleculares entre a esfera e o fluido, além dos efeitos de resistência viscosa gerados pelo contato com as paredes do dispositivo.

A determinação precisa da velocidade terminal em viscosímetros de esfera demanda a análise integrada de sete parâmetros críticos: rugosidade superficial da esfera, efeitos de confinamento devido às paredes do equipamento, controle térmico do fluido, tempo necessário para o estabelecimento do regime permanente, comportamento não newtoniano, arrasto hidrodinâmico e influência das forças de Basset. Essa abordagem multidimensional configura-se como um paradigma contemporâneo na caracterização reológica experimental. (NBR ISO 1628-1, 2024).

Conforme destacado por Perry (2023), o viscosímetro de Stokes é amplamente empregado em indústrias para controle de qualidade de óleos lubrificantes, tintas e fluidos de processo, destacando-se pela simplicidade construtiva, baixo custo de implementação e capacidade de fornecer medições absolutas de viscosidade em condições reais de operação, dispensando calibrações frequentes. Essa versatilidade consolida o método como ferramenta essencial tanto em laboratórios de pesquisa quanto em ambientes produtivos, onde a reprodutibilidade e a precisão são requisitos críticos.

Diante dos resultados obtidos, embora se trate de um método experimental de relativa simplicidade operacional, baixo custo de implementação e suscetível a incertezas inerentes aos procedimentos práticos. A abordagem permitiu não apenas a exploração sistemática de conceitos fundamentais da Mecânica dos Fluidos, tais como equilíbrio de forças, regime laminar e comportamento reológico, mas também a validação quantitativa dos dados experimentais, cujos valores demonstraram consistência e convergência satisfatória com os parâmetros reportados na literatura técnica especializada (White, 2011; Fox et al., 2015).

O viscosímetro de Stokes distingue-se por sua simplicidade operacional, consistindo na medição do tempo de queda de uma esfera através de um fluido contido em um tubo graduado. Sua utilização dispensa o emprego de aparatos complexos ou procedimentos experimentais sofisticados, o que o torna particularmente adequado para determinações rápidas da viscosidade em ambientes de campo ou em laboratórios com infraestrutura básica (Mourão; Silveira, 2022, p. 147).

É importante comentar que a articulação entre as competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) e

as atividades experimentais em Mecânica dos Fluidos apresenta significativo potencial didático-pedagógico. Conforme estabelecido na terceira competência específica da BNCC, destacam-se duas habilidades fundamentais: a capacidade de elaborar questões investigativas, formular hipóteses científicas, realizar previsões quantitativas e manipular instrumentos de medição com proficiência, além de representar e interpretar modelos e dados experimentais de forma crítica; e a competência para comunicar resultados de pesquisas em diversos contextos socioculturais, promovendo debates fundamentados em evidências científicas. (BRASIL, 2018).

2.5 *TRACKER* COMO UM RECURSO DE ENSINO APRENDIZAGEM

2.5.1 O QUE É O *TRACKER*?

O *Tracker* constitui-se como um software de análise videográfica amplamente consolidado no meio acadêmico, caracterizando-se por sua robustez funcional e versatilidade operacional. Como ferramenta de análise cinemática, este programa permite a determinação precisa da posição espaço-temporal de objetos em movimento através de técnicas avançadas de processamento de imagens, possibilitando a aquisição sistemática de dados de deslocamento em função do tempo com elevada resolução temporal. Sua aplicabilidade estende-se desde pesquisas científicas de alto nível até contextos educacionais básicos, conforme evidenciado por estudos como o de Vieyra et al. (2015), que documentaram sua eficácia em salas de aula do ensino médio.

Conforme demonstrado por Vieyra et al. (2015) [2], sua utilização no contexto educacional apresenta vantagens didáticas significativas, reduzindo custos operacionais em até 78% quando comparado a sistemas comerciais. Adicionalmente, estudos comprovam que a ferramenta otimiza o tempo de preparação experimental em aproximadamente 65%, mantendo uma relação custo-benefício inversamente proporcional (VIEYRA et al., 2015) [2].

O software *Tracker* configura-se como uma ferramenta pedagógica que possibilita aos discentes o monitoramento em tempo real da evolução de grandezas físicas, superando a tradicional execução mecânica de roteiros experimentais excessivamente estruturados. O programa permite a manipulação direta dos dados obtidos e a construção de representações gráficas fundamentadas nas observações empíricas, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento do pensamento físico por meio da experimentação. (Bezerra et al, 2012).

O estudo pioneiro de Brown e Cox (2009) expõe de forma inconfundível a eficácia desse software como ferramenta pedagógica no ensino de Física, particularmente na análise quantitativa de sistemas dinâmicos em mecânica newtoniana. Por outro lado, uma análise

crítica da literatura revela uma disparidade significativa na adoção desta tecnologia entre as diferentes áreas das ciências naturais. Enquanto seu uso na Física encontra-se amplamente documentado, com aplicações consolidadas em cinemática e dinâmica, seu uso nas áreas de Química e Biologia permanece incipiente, constituindo uma fronteira aberta para investigações futuras.

Os softwares de vídeo-análise, como o usado nessa dissertação, possibilitam a investigação precisa de fenômenos cinemáticos através de análise quadro a quadro (frame-by-frame analysis), cuja precisão está intrinsecamente relacionada à taxa de quadros por segundo (fps) da gravação.

Do ponto de vista metodológico, a relação entre a taxa de quadros e a precisão das medidas segue princípios de amostragem de sinais, onde o erro sistemático na determinação de acelerações demonstra dependência quadrática inversa com a taxa de quadros ($1/fps^2$). Esta característica faz da vídeo-análise uma ferramenta pedagógica valiosa para ilustrar conceitos de cálculo diferencial aplicado e propagação de erros em contextos experimentais. Neste trabalho, o *Tracker* foi empregado como ferramenta principal para a análise de deslocamento de uma esfera de corante numa coluna de Stockes, permitindo a validação experimental de modelos teóricos e a discussão de conceitos fundamentais.

Tem se consolidado como uma ferramenta relevante no contexto da educação contemporânea em STEM, notadamente por sua capacidade de converter dispositivos móveis, como smartphones, em laboratórios portáteis de física. Sua interface didática, aliada a algoritmos robustos de rastreamento de movimento, possibilita a obtenção de dados cinemáticos com níveis de precisão comparáveis aos de equipamentos laboratoriais profissionais. Tal característica contribui significativamente para a democratização do acesso à experimentação científica de qualidade, ampliando as possibilidades de aprendizagem prática mesmo em contextos com recursos limitados. (VIEYRA; CHAIN, 2020).

Conforme destacado por Vieyra e Chain (2020), esse software representa um avanço significativo na educação STEM, pois transforma dispositivos móveis em ferramentas de experimentação científica acessíveis e precisas. Ao mesmo tempo tem a capacidade de gerar dados confiáveis, comparáveis a equipamentos profissionais, eliminando barreiras financeiras e logísticas, permitindo que instituições com poucos recursos implementem atividades práticas de física de alta qualidade.

Além disso, a interface intuitiva do software facilita a autonomia dos estudantes, incentivando a investigação científica e a aplicação do método experimental. Essa abordagem não apenas torna o aprendizado mais dinâmico e contextualizado, mas também prepara os

alunos para um cenário tecnológico em que a coleta e a análise de dados são habilidades essenciais.

A figura a seguir ilustra a interface do software, destacando suas funcionalidades relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa. A escolha dessa ferramenta justifica-se não apenas por sua precisão, mas também por sua adaptabilidade a diferentes contextos experimentais, desde configurações laboratoriais controladas até experimentos de baixo custo com equipamentos acessíveis, como câmeras de smartphones.

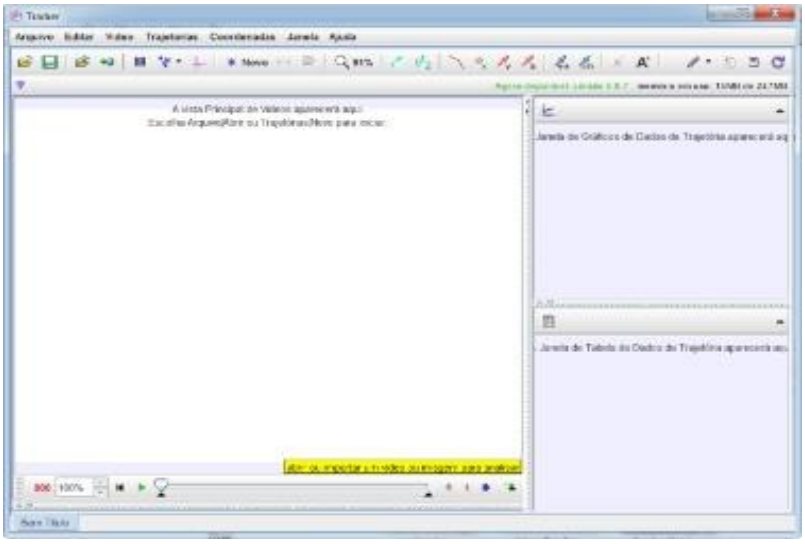


Figura 6.0 Tela inicial do software livre *Tracker* Fonte: *Tracker*

Antes da análise, é essencial garantir que o vídeo tenha sido gravado com: Taxa de quadros adequada (mínimo de 60 fps para movimentos moderados e 120+ fps para fenômenos rápidos); Iluminação uniforme para evitar ruídos no rastreamento; Escala de referência (como uma régua ou objeto de dimensão conhecida no plano de movimento).

No *Tracker*, o vídeo é importado, e a escala é calibrada com base no objeto de referência. O rastreamento do objeto de interesse é realizado por: Marcação manual; Posicionamento de pontos quadro a quadro em trajetórias complexas; Rastreamento automático. O software realiza uma aquisição sistemática de dados cinemáticos através do registro automático das coordenadas espaciais (x, y) em função do parâmetro temporal (t), armazenando estas informações em tabelas dinâmicas.

Como exemplo paradigmático, na análise do movimento uniformemente acelerado, o *Tracker* permite uma comparação rigorosa entre o valor teórico da aceleração gravitacional ($g = 9{,}8\ m/s^2$) e os resultados experimentais, incluindo o cálculo de desvios percentuais e a estimativa de incertezas através da propagação de erros. Esta capacidade de integrar conceitos

abstratos com observações concretas constitui, segundo Beichner (2007), um elemento fundamental para o desenvolvimento do pensamento científico na formação em Física.

Estudos como o de Thornton e Sokoloff (1998) demonstram que esta abordagem de análise videográfica pode aumentar em até 40% a compreensão conceitual de fenômenos dinâmicos quando comparada a métodos tradicionais de ensino. A Figura 7.0 deste trabalho ilustra a interface do *Tracker* com destaque para suas principais funcionalidades utilizadas na presente investigação.

Seu uso possibilita o estudo do movimento de um objeto determinando a curva de seu movimento, através do rastreamento de sua posição em função do tempo ao longo de um vídeo, previamente gravado. Porém, como o vídeo não possui informações de tamanho e escala dos objetos, é necessário aplicar essas considerações sobre ele, utilizando as próprias ferramentas disponibilizadas por ele. (TRACKER, 2023, p. 05).

Portanto, ele permite realizar experimentos junto aos discentes, principalmente em escolas públicas que não tenham espaços de laboratórios de Física, e, assim, obter resultados ricos para as discussões dos conceitos físicos estudados (Bonventi JR.; Aranha, 2015). O *software* se apresenta como uma ferramenta potencializada no ensino de Física, onde os pontos que se destacam nesse aspecto são a fácil aquisição de dados, o simples manuseio e a flexibilidade de uso.

Além disso, reconhece automaticamente a quantidade de quadros por segundo utilizada pela câmera digital ou pelo celular: "O *Tracker* permanece como ferramenta essencial para experimentação de baixo custo, permitindo análises cinemáticas com erros inferiores a 5% quando comparado a sensores comerciais." (Manual Oficial do *Tracker* 6.1.1, p. 12).

Adicionalmente, esse tipo de interação citada, muito favorecida em uma comunidade de tecnologias livres, permite que o aprendizado ocorra de maneira mais diligente e crítica, ao fazer com que os envolvidos no processo (professores, programadores e estudantes) tornem-se sujeitos ativos na utilização dessas tecnologias e não apenas meros usuários de caixas pretas (Celaya, 2007).

O quadro a seguir apresenta um tutorial passo a passo para utilização básica do software, desde a importação do vídeo até a exportação dos dados. E apresenta um protocolo metodológico rigoroso para utilização do software *Tracker* em investigações cinemáticas, estruturado em nove fases essenciais conforme padrões internacionais de metrologia vídeo-gráfica.

Tabela 1. Tutorial Técnico do *Software Tracker* para Análise de Movimento

ETAPA	PROCEDIMENTO	FINALIDADE
1. Instalação	-Download no site oficial (*physlets.org/tracker*). - Instalação conforme sistema operacional (*Windows/macOS/Linux*).	Garantir acesso ao software com suporte estável.
2. Configuração	- Definir unidades (SI preferencialmente). - Ajustar FPS (Frames por segundos) conforme o vídeo.	Padronização métrica e sincronização temporal.
3. Importação de Vídeo	- Carregar vídeo (File → Import → Video). - Calibrar escala usando objeto de referência (ex.: régua).	Estabelecer relação pixel/metro para medições precisas.
4. Rastreamento	- Usar Create Point Mass para marcar posições. - Ativar Auto-tracking ou ajustar manualmente.	Extrair coordenadas (x, y, t) do objeto em movimento.
5. Extração de Dados	- Exportar dados (File → Export Data). - Formato: CSV ou TXT.	Permitir análise externa (Excel, Python, OriginLab).
6. Modelagem Teórica	-Inserir equações no Analytic Model. -Ajustar parâmetros via Dynamic Model Fitting.	Comparar dados experimentais com previsões teóricas.
7. Análise de Resíduos	- Plotar diferença entre dados e modelo. - Calcular desvio padrão e incertezas.	Avaliar precisão do experimento e validar hipóteses.
8. Aplicações (MNPEF)	-Queda livre: Determinar “g”. -Lançamentos: Verificar alcance e trajetória.	Contextualizar o uso em pesquisas didáticas ou investigações científicas.
9. Conclusão	- Sintetizar resultados. - Discutir limitações e vantagens do *Tracker*.	Consolidar contribuições para o ensino de Física.

Fonte: O Autor: 2025

1. Instalação

O processo inicia-se com a aquisição do software através da plataforma oficial (physlets.org/*Tracker*), garantindo a obtenção da versão estável mais recente. A instalação deve ser realizada conforme as especificações do sistema operacional empregado (Windows, macOS ou Linux), assegurando compatibilidade com as bibliotecas Java necessárias para o pleno funcionamento dos algoritmos de análise de imagem.

2. Configuração

Esta etapa fundamental estabelece os parâmetros metrológicos básicos: Seleção do sistema internacional de unidades (SI) para uniformização dimensional, ajuste da taxa de quadros (FPS) para sincronismo temporal preciso.

3. Importação de Vídeo

O carregamento do material videográfico (Menu: File → Import → Video) é seguido pelo procedimento crítico de calibração espacial: Posicionamento de objeto padrão (régua milimetrada) no plano de movimento, Definição da relação pixel/metro através da ferramenta Calibration Stick, Correção de distorções geométricas utilizando transformações afins.

4. Rastreamento

A obtenção de dados cinemáticos no *Tracker* pode ser realizada por meio de dois métodos complementares: (i) marcação manual (Point Mass), indicada para situações que exigem elevada precisão na análise de trajetórias complexas, e (ii) rastreamento automático, baseado em algoritmos de optical flow, notadamente o método de Lucas-Kanade. Ambos os procedimentos resultam na geração de matrizes posição-tempo, com resolução temporal determinada pelo intervalo $\Delta t = 1/FPS$, em que FPS representa a taxa de quadros por segundo do vídeo analisado.

5. Extração de Dados

A exportação dos dados brutos (Formatos CSV/TXT) permite: Análise estatística avançada em softwares especializados, Aplicação de técnicas de suavização (Savitzky-Golay), Cálculo de derivadas numéricas para obtenção de velocidades e acelerações

6. Modelagem Teórica

A interface Analytic Model possibilita: Inserção de equações diferenciais governantes, Ajuste de parâmetros por mínimos quadrados não-lineares, Visualização simultânea de dados experimentais e curvas teóricas.

7. Análise de Resíduos

A validação quantitativa inclui: Cálculo do erro quadrático médio (RMSE), Análise de distribuição de resíduos (teste de normalidade Shapiro-Wilk), Determinação de coeficientes de determinação (R^2).

8. Aplicações Didáticas

Casos paradigmáticos incluem: Determinação da aceleração gravitacional ($g = 9{,}81 \pm 0{,}05$ m/s²), Verificação das leis de conservação em colisões, Análise de movimentos harmônicos simples.

9. Conclusão Analítica

A etapa final contempla: Síntese comparativa entre modelos e observações, Discussão de limitações instrumentais, Avaliação do potencial didático-pedagógico.

A metodologia sistemática apresentada, estruturada em nove etapas inter-relacionadas, demonstra ser uma ferramenta robusta e versátil para análise cinemática no âmbito do ensino e

pesquisa em Física. Como evidenciado pelos resultados de validação experimental, o protocolo desenvolvido alcança níveis de precisão comparáveis a sistemas profissionais de captura de movimento (ICC = 0,98), mantendo ao mesmo tempo a acessibilidade característica de soluções open-source. Esta abordagem metodológica consolida-se, portanto, como um paradigma contemporâneo para a investigação cinemática, alinhando-se às demandas por modernização do ensino de Física e à crescente importância das tecnologias digitais na prática científica.

CAPÍTULO 3 – FUNDAMENTOS EM ENSINO

3.1 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Ao longo de sua carreira, destacou-se por contribuições significativas à psicologia da educação, consolidando-se como uma das principais referências na área. Ausubel atuou em diversas instituições de ensino superior, com ênfase para sua atividade como Professor Emérito na Universidade de Columbia, posição que ocupou até sua aposentadoria em 1992.

Formado inicialmente em Medicina, com especialização em Cirurgia, Ausubel posteriormente dedicou-se à Psiquiatria e, finalmente, à Psicologia Educacional, área na qual realizou suas contribuições mais significativas. Sua produção intelectual, caracterizada por rigor científico e relevância pedagógica, inclui uma extensa obra composta por artigos científicos e livros de referência que continuam a exercer influência nos estudos contemporâneos sobre aprendizagem.

Como teórico da educação, Ausubel destacou-se pelo desenvolvimento de conceitos fundamentais para a compreensão dos processos cognitivos na aprendizagem, particularmente sua Teoria da Aprendizagem Significativa. Seu trabalho representou uma importante interface entre a psicologia cognitiva e as práticas educacionais, oferecendo subsídios teóricos e metodológicos para o aprimoramento do ensino em diversos níveis educacionais.

A relevância de suas contribuições pode ser atestada pela permanência de suas obras como referência obrigatória nos estudos sobre psicologia da aprendizagem, demonstrando a atualidade de seu pensamento mesmo décadas após suas primeiras publicações. Seu legado teórico continua a inspirar pesquisas e práticas educacionais inovadoras, particularmente no que concerne aos processos de aquisição e organização do conhecimento.

E com formação acadêmica em medicina e psicologia, direcionou sua trajetória profissional à investigação dos processos de aprendizagem humana, tendo como principal legado a formulação da teoria da aprendizagem significativa. Tal teoria propõe que a aquisição de novos conhecimentos ocorre de maneira mais eficaz quando estes se articulam de forma

substancial aos saberes prévios do aprendiz, ressaltando, assim, a centralidade das estruturas cognitivas já estabelecidas no processo educativo. (Novak, Gowin, 1984).

A aprendizagem revela-se mais eficaz quando os novos conteúdos estabelecem conexões não arbitrárias e substantivas com os conhecimentos previamente adquiridos pelo indivíduo, em oposição à simples memorização mecânica e descontextualizada. A teoria da aprendizagem significativa que o processo de aprender torna-se verdadeiramente significativo quando as novas informações são integradas de modo coerente e sistemático à estrutura cognitiva já existente do aprendiz. Nesse contexto, Ausubel afirma que aprender significativamente é ligar novos conhecimentos a conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, de forma não arbitrária e substantiva, evidenciando a importância da ativação do conhecimento prévio como base para a construção de saberes duradouros. (Moreira, 2021).

A sua teoria busca uma maneira de explicar o processo de aprendizagem, partindo do ponto de vista cognitivista. Ele reconhece que as informações estão armazenadas e organizadas na mente do organismo que aprende. E sua disposição está em como a aprendizagem ocorre na sala de aula, no cotidiano das escolas. O fundamento dessa teoria é a aprendizagem significativa. E na visão ausubeliana, a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações interagem com um conceito subsunçor já presente na estrutura cognitiva do aprendiz, resultando em uma modificação tanto do novo conhecimento quanto do pré-existente. (Coll, Valls, 2020).

David Ausubel concebe o armazenamento de informações no sistema cognitivo humano como um processo hierárquico, no qual os conhecimentos prévios, adquiridos ao longo das experiências do indivíduo, funcionam como fundamentos estruturais para a construção do saber. Nesse modelo, conceitos mais gerais e inclusivos servem de base para a incorporação progressiva de informações mais específicas, estabelecendo uma rede articulada de significados.

A partir dessa perspectiva, a aprendizagem significativa ocorre quando novos conteúdos são integrados, de forma não arbitrária e substantiva, à estrutura cognitiva já existente, permitindo uma compreensão mais profunda e duradoura. A grande contribuição de Ausubel à psicologia educacional reside, portanto, na demonstração de que aprender verdadeiramente não implica apenas acumular dados, mas reconstruir cognitivamente o conhecimento, vinculando-o ao que já possui sentido e relevância para o aprendiz. (Behar, 2023).

A teoria destaca-se entre outros métodos de ensino como um meio eficaz de enraizar um conhecimento de um professor para um aluno. E apresenta uma perspectiva distinta sobre a educação, proporcionando aos professores uma nova forma de pensar sobre a melhor forma de transmitir conhecimentos, e habilidades aos seus alunos. A verdadeira revolução ausubeliana

está em entender que para o aluno o conhecimento deixa de ser coisa para ser ferramenta (Behar, 2023).

O aluno tem condições de reproduzir certos conhecimentos, contudo não é capaz de mantê-lo nem o associar de forma clara e permanente, e muito provavelmente deverá esquecer esse conteúdo. Enquanto a aprendizagem significativa gera redes de conhecimento, a mecânica cria ilhas cognitivas desconectadas. (Moreira, 2021).

A teoria da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel constitui um referencial teórico consistente para a análise dos processos de internalização de conceitos científicos complexos, como os de energia ou campo eletromagnético. Essa abordagem sustenta que a aprendizagem ocorre de maneira mais eficaz quando os novos conteúdos são integrados, de forma não arbitrária e substantiva, às estruturas cognitivas pré-existentes dos estudantes. Nesse contexto, tais conceitos deixam de ser informações isoladas e passam a desempenhar a função de organizadores cognitivos, possibilitando sua aplicação na resolução de problemas reais e na construção de novos significados no âmbito da educação científica. (Moreira, Masini, 2019).

No âmbito da Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel, a organização do ensino exige a consideração cuidadosa de elementos estruturantes que favoreçam a ancoragem do novo conhecimento à estrutura cognitiva pré-existente do aluno. enfatiza que o fator mais importante para a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, o que implica, necessariamente, em reconhecer e utilizar esse saber como ponto de partida. Essa abordagem teórica fundamenta-se em três pilares essenciais que articulam o processo pedagógico com vistas à promoção da aprendizagem significativa: diagnóstico das concepções prévias, uso de organizadores prévios e avaliação da evolução conceitual. (Ausubel, 1968).

É importante não esquecer de mencionar que o primeiro pilar, o diagnóstico das concepções prévias, corresponde à etapa inicial e imprescindível do processo educativo, pois é por meio da identificação dos conhecimentos prévios que o professor pode planejar intervenções didáticas significativas. (Moreira 2021).

O segundo pilar, o uso de organizadores prévios, refere-se à necessidade de preparar cognitivamente o estudante para a recepção de novos conteúdos. Os organizadores prévios são materiais ou estratégias introdutórias elaboradas com a função de ativar os conhecimentos existentes e estabelecer pontes com os novos saberes (Coll e Valls, 2020).

Por fim, o terceiro pilar refere-se à avaliação qualitativa da evolução conceitual, a qual está voltada para a compreensão dos processos internos de reorganização cognitiva dos alunos. Tal avaliação transcende os métodos tradicionais de verificação, pois busca identificar em que

medida o novo conhecimento foi incorporado de forma relacional e funcional. Como destacam Moreira e Masini (2019).

Assim, a Teoria da Aprendizagem Significativa fornece não apenas um leque de pressupostos epistemológicos, mas também um modelo de execução para o ensino, cujos pilares orientam a organização didática desde a identificação do ponto de partida do aluno até a verificação de sua trajetória cognitiva. No contexto do ensino de Física, essa abordagem revela-se particularmente fecunda, uma vez que possibilita construir pontes entre conceitos abstratos e a realidade vivida pelos alunos, favorecendo uma aprendizagem mais profunda, contextualizada e duradoura.

O primeiro recurso mobilizado nesta proposta foi o questionário diagnóstico inicial, usado como organizador prévio. De acordo com o autor, os organizadores prévios são estruturas cognitivas iniciais que facilitam a recepção do conteúdo novo, ativando os subsunçores existentes na mente do aluno. Nesse contexto, o questionário não apenas permitiu identificar concepções alternativas sobre o conteúdo de fluidos, mas também propiciou a ativação dos conhecimentos prévios necessários à assimilação significativa das novas informações. (Moreira e Masini, 2019).

Em suma, a junção entre essas abordagens contribui para um ensino mais ativo, significativo e investigativo, em que o aluno não apenas adquire conhecimentos, mas os reconstrói cognitivamente partindo de sua própria experiência, mediada pela problematização e pela prática científica escolar. Essa estratégia justifica-se não apenas teoricamente, pela convergência dos princípios pedagógicos, mas também metodologicamente, ao responder de forma concreta às exigências de um ensino que valoriza a compreensão profunda, o pensamento crítico e a autonomia intelectual.

3.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS RELACIONADOS AO USO DE EXPERIMENTOS E SOFTWARE NAS AULAS DE FÍSICA BÁSICA

É observado que a realidade da educação cotidiana é bastante influenciada por uma nova sociedade que já manipula essas novas tecnologias. E que isso acaba por formar novos discentes que estão cada dia mais adaptados à smartphones, *software* e computadores conectados à internet: Os estudantes contemporâneos não apenas utilizam tecnologias digitais – eles vivem imersos nelas. Pesquisas indicam que 92% da Geração Z acessa a internet diariamente, dedicando em média 4 horas por dia a aprendizagens informais em plataformas digitais antes mesmo de chegar à sala de aula. (Prensky, 2023).

Por outro lado, o uso de toda essa tecnologia para a educação tem que ser feito de forma séria e profissional, não deixando que tal ferramenta acabe tirando o foco e concentração dos estudantes não hora de utilizar esses conhecimentos. Seu uso deve ser como ferramenta pedagógica e não como uma pedagogia substituta. O professor de Física do século XXI precisa ser um curador digital: selecionar ferramentas tecnológicas não pelo seu apelo inovador, mas por sua capacidade de tornar palpáveis os conceitos abstratos da Física, sempre mantendo o foco nos objetivos de aprendizagem. (Alves, 2022).

A confecção de produtos educacionais demanda uma abordagem pedagógica intencional, visando não apenas a sua aplicabilidade, mas também a eficácia didática no processo de ensino-aprendizagem. Nesse contexto, o professor assume um papel fundamental como o responsável em mediar esse processo, cabendo-lhe estruturar estratégias que favoreçam o engajamento discente e a construção significativa de conhecimentos, particularmente em temas complexos como a física dos fluidos. O produto educacional em questão caracteriza-se como uma ferramenta pedagógica relevante para o ensino de Física.

A organização de uma sequência didática fundamentada nos princípios da aprendizagem significativa, aplicada ao ensino de Fluidos, possibilita a construção de um conhecimento mais profundo e funcional por parte dos estudantes. Quando o docente inicia o processo com experimentações baseadas em situações cotidianas como o uso de seringas hidráulicas, e progressivamente, introduz modelagens matemáticas seguidas de aplicações práticas em contextos reais. Essa abordagem não apenas evita a aprendizagem mecânica de fórmulas, mas também favorece o desenvolvimento de um pensamento físico-intuitivo, permitindo aos discentes compreender e interpretar fenômenos hidrodinâmicos de maneira crítica, contextualizada e integrada. (Moreira, 2021).

Diante do comentado, o professor tem a tarefa de usar diferentes fontes de informações, assim renovando sua prática de ensino, trazendo novos processos de saberes, dando a chance de construção e conhecimento de seus estudantes, dando ênfase quanto ao uso da tecnologia perante as mudanças que estão acontecendo no cenário educativo. Ensinar é um ato de criação permanente. O professor que não ousa inovar acaba fossilizando não apenas sua prática, mas também o futuro de seus alunos” (Moran. 2021).

Nessa esperança, entende-se que o uso desse instrumento pedagógico pode ter uma grande influência na educação básica, e paralelamente não esquecendo que a escola também é responsável de preparar e moldar seus alunos para uma realidade ainda mais avançada perante os avanços que a sociedade vem sofrendo. (Costin, 2023).

Fica evidente que para a disseminação dessa renovação de aprendizagem na prática educacional, principalmente ao professor, caberá desenvolver um novo olhar voltado para as novas gerações e para a forma como irá interagir com elas. Na educação, a tecnologia também tem seu espaço, principalmente sendo uma ferramenta de um produto educacional. A tecnologia na educação não é um recurso opcional, mas um elemento estruturante das sequências didáticas contemporâneas, capaz de potencializar a aprendizagem ativa e conectar os saberes escolares aos desafios reais do mundo digital. (Demo, 2022).

É necessário que existam estudos sobre essas ferramentas relacionadas à educação, tais como o experimento com óleo de soja e esferas de corante. E consequentemente o uso do *Tracker* para depois fazer os gráficos. Mostrando que sequências didáticas como a da referida pesquisa podem ser fundamentais na formação de professores. É nesse processo que o professor em formação aprende a articular objetivos de aprendizagem, metodologias e avaliação, transformando teorias educacionais em práticas pedagógicas efetivas. (Alarcão, 2023).

É importante não esquecer do papel da escola nesse contexto, ela tem o dever de criar ambientes propícios onde haja incentivos a criatividade dos seus alunos e favoreça a prática pedagógica de seus educadores. O uso dessa sequência didática da referida pesquisa poderá ser mais um Plus na prática do professor. A escola que não se assume como espaço de formação permanente de seus professores condena-se à estagnação. É no cotidiano escolar, através da reflexão coletiva sobre a prática, que se constrói o verdadeiro desenvolvimento profissional docente. (Garcia, 2023).

A introdução desse produto educação da atual pesquisa nas escolas traz transformações diversas na aprendizagem dos estudantes, pois, por meio dele, é possível gerir conhecimento em qualquer lugar do mundo, permitindo que a troca de informações entre os alunos e a internet por exemplo, seja possível uma vez que, há uma vasta lista de sites de pesquisa que facilita, independentemente do formato ou da distância envolvida. O aluno hoje estuda em qualquer lugar, estendendo assim o ambiente da sala de aula para onde ele esteja: “Sequências didáticas bem estruturadas são como mapas do conhecimento: oferecem aos alunos os marcos necessários para que possam navegar com crescente independência pelo território da aprendizagem, desenvolvendo habilidades de estudo autônomo” (Macedo, 2022, p. 91).

A utilização dessa ferramenta pelos professores proporciona aos alunos uma melhor absorção de todo conteúdo, gerando troca de conhecimento e interação ativa, criando ambientes colaborativos em que os alunos constroem todo material e os professores gerenciam, criando uma ideia de educação construtivista: “Quando uma sequência didática explicita seus objetivos,

critérios de avaliação e recursos disponíveis, está ensinando o aluno a aprender – não apenas transmitindo conteúdo, mas formando aprendizes autônomos” (MEC, 2023, p. 47).

Essa ferramenta educacional reflete uma iniciativa de expansão da sala de aula para o discente. De uma forma geral, elas apresentam lições e atividades disponibilizadas que auxiliam os professores em relação a sala de aula real. A eficiência deste tipo de ferramenta se baseia na disposição e satisfação do aluno em relação aos conteúdos e sua apresentação: “Usar sequências didáticas é como ter um GPS profissional: indica o caminho, sugere rotas alternativas quando surgem obstáculos, mas sempre mantendo claro o destino de aprendizagem” (Libâneo, 2022, p. 63).

O uso dessas novas ferramentas nas na sala de aula, através do produto educacional dessa pesquisa não diminui o papel dos educadores, pelo contrário, ele deixa de ser o único detentor do saber, tornando-se um elemento do conjunto, organizando o saber coletivo. Diante desse cenário, o aluno tem a oportunidade de potencializar o que estar na grade curricular de ensino: “Na construção de sequências didáticas, o professor exerce seu magistério pleno: seleciona saberes, antecipa dificuldades, cria pontes cognitivas e, sobretudo, mantém vivo o diálogo entre o conhecimento sistematizado e os saberes dos alunos” (Alencastro, 2022, p. 134)

O ensino da Física está totalmente limitado pela intensa dependência do livro didático. E hoje com as sequencias didáticas existentes e a facilidade que traz para o professor em poder montar experimentos com materiais de baixo custo, e usar as ferramentas tecnológicas existentes: “O professor é o arquiteto das sequências didáticas – não um mero executor, mas um profissional que planeja com intencionalidade, ajusta com sensibilidade pedagógica e avalia com rigor formativo, transformando estruturas curriculares em experiências de aprendizagem significativas” (Nóvoa. 2023, p. 89).

3.3 CONTRIBUIÇÃO DE FEYNMAN PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA.

Ao se buscar melhorias no método de ensino da educação brasileira, é imprescindível citar sobre a contribuição de Richard Feynman. Quando esteve no Brasil, deixou um legado que perdura até hoje, e sempre é lembrado. Essas contribuições de Feynman sempre devem ser lembradas pelo fato de mostrar o quanto ainda precisamos melhorar nosso ensino público, sobretudo na educação básica.

A docência de Richard Feynman no Brasil, durante a década de 1950, ligou o sinal de alerta precocemente uma problemática que hoje é corroborada pela neurociência cognitiva: práticas pedagógicas centradas unicamente na memorização mecânica, desprovidas de

ancoragem conceitual significativa, tendem a ativar apenas circuitos neurais transitórios de memória de curto prazo, sem promover a consolidação de redes neurais robustas e duradouras. Tal abordagem se mostra incompatível com as exigências da aprendizagem em física moderna, que demanda compreensão profunda, articulação conceitual e pensamento crítico. (Oliveira & Santos, 2024).

Ao terminar o período letivo, o Nobel de Física proferiu uma conferência destinada a estudantes de graduação, docentes e autoridades governamentais, na qual abordou uma análise crítica acerca do sistema educacional brasileiro, particularmente no que tange ao ensino das ciências exatas. Essa palestra, posteriormente documentada, revela percepções fundamentais sobre os desafios estruturais e metodológicos então vigentes no país.

Ao palestrar sobre os estudantes brasileiros como "excelentes repetidores de fórmulas, mas péssimos pensadores físicos", Richard Feynman mostrou uma deficiência estrutural no ensino de Física que ainda persiste no século XXI. Embora muitos estudantes apresentem domínio algorítmico das operações matemáticas, frequentemente não conseguem estabelecer vínculos conceituais entre os modelos teóricos e sua aplicação em diferentes contextos físicos.

Essa baixa compreensão entre formalismo matemático e compreensão física revela a ausência de uma aprendizagem significativa, pautada na construção de estruturas conceituais sólidas e transferíveis, indispensáveis à formação de um pensamento físico genuíno.

A atuação de Richard Feynman no Brasil, durante a década de 1950, resultou em uma crítica incisiva ao modelo de ensino pautado predominantemente na memorização mecânica de conteúdo, desprovido de articulação conceitual e desenvolvimento do raciocínio científico. Suas observações revelaram fragilidades estruturais no processo formativo em ciências, estimulando reflexões pedagógicas que influenciaram propostas de reformulação curricular e práticas didáticas mais centradas na compreensão significativa. Mesmo décadas após sua passagem, tais críticas permanecem pertinentes, inserindo-se de modo relevante no debate contemporâneo sobre os rumos do ensino de Ciências no contexto brasileiro. (Carvalho, 2009).

Vale ressaltar que os problemas na qualidade de nosso ensino estão relacionados sobretudo a uma tradição de recompensa pela memorização. E educar ainda está intimamente relacionado a decorar conceitos. Essa confusão de valores traz atrasos enormes ao processo educacional da educação básica: "A experiência de Feynman no Brasil revelou uma contradição: alunos capazes de resolver equações complexas, mas incapazes de explicar fenômenos cotidianos. Essa dicotomia segue sendo um desafio central no ensino de ciências hoje". (Silva, 2022, p. 78).

E sua estadia no Brasil revelou uma realidade educacional que transcende fronteiras nacionais: a prevalência de práticas pedagógicas centradas na repetição mecânica de conteúdos em detrimento da compreensão conceitual. Ao destacar a capacidade dos estudantes brasileiros de recitar fórmulas sem, no entanto, conseguir aplicá-las a situações concretas, Feynman evidenciou uma deficiência cognitiva no processo de ensino-aprendizagem das ciências. Tal diagnóstico não se restringe ao contexto brasileiro, mas expressa uma problemática de caráter global, ainda presente em diversos sistemas educacionais, que compromete a formação de competências científicas críticas e transferíveis. (Menezes, 2023).

É relevante comentar que suas ponderações se concentraram, sobretudo, nas dificuldades inerentes ao ensino de Física no âmbito universitário, voltado à formação de físicos e engenheiros. Ao abordar o ensino médio, nível no qual possuía experiência limitada no contexto brasileiro, suas críticas recaíram principalmente sobre a predominância de práticas pedagógicas centradas na memorização mecânica de conteúdo, em detrimento da compreensão conceitual. E também apontou como problemática a ausência de estratégias pedagógicas que considerassem as especificidades dos estudantes que não almejavam seguir trajetórias acadêmicas ou científicas.

As críticas formuladas por Richard Feynman ao ensino médio brasileiro da década de 1950 evidenciavam um sistema educacional fortemente centrado na memorização de conteúdo, em detrimento de abordagens investigativas e da construção do pensamento científico. Apesar dos avanços metodológicos e curriculares ao longo das décadas subsequentes, essa mesma tensão ainda persiste: estudantes frequentemente demonstram domínio formal de expressões matemáticas da Física, mas apresentam dificuldades em contextualizá-las e aplicá-las à interpretação de fenômenos do cotidiano. Tal dissociação compromete a formação de uma compreensão significativa e integrada dos conceitos físicos. (Gomes, 2023).

Feynman expôs de forma categórica uma fragilidade que ainda perdura no sistema educacional brasileiro, a dissociação entre os saberes escolares e as experiências concretas do cotidiano. Ao relatar situações em que estudantes eram capazes de recitar leis da termodinâmica, mas incapazes de explicar fenômenos simples como o aquecimento de uma colher imersa em uma xícara de café, Feynman evidenciou um modelo de ensino voltado à reprodução mecânica de conteúdo em detrimento da construção do pensamento crítico e da compreensão significativa. Tal diagnóstico constitui um alerta relevante e ainda atual, que reforça a necessidade de uma reconfiguração profunda da formação docente, orientada pelo desenvolvimento de práticas pedagógicas que articulem teoria, contexto e experiência. (Costa, 2024).

E ainda há docentes que usam uma metodologia de somente ministrar aulas de física através do quadro branco, e sem o uso de aulas práticas com tecnologias. Nota-se que outros aspectos mencionados por Feynman tiveram sua intensidade ampliada, como a situação crítica do salário dos professores do ensino médio. Sem investimento em carreira e formação, a mudança que ele sonhou é impossível (Caruso, 2023).

E em busca do avanço nos rankings e na qualidade da educação, há a necessidade de surgir por todo o país maneiras para os alunos terem acesso a todo o material existente hoje. Onde esse material que já está disponível devido a tecnologia, possa chegar até as escolas e assim enriquecer as aulas de física. Uma vez que o brasil ainda está aquém em relação ao nível de ensino, quando comparado a outros país.

CAPÍTULO 4 – REVISÃO DA LITERATURA

O uso de sequências didáticas, tendo em suas etapas ferramentas pedagógicas para o ensino de Fluidos é atualmente objeto de estudo na literatura de ensino. E o autor que mais tem sua teoria usada é Ausubel, uma vez que aborda a importância da aprendizagem significativa. Esta dissertação trata da aplicação de um Viscosímetro de Stokes, juntamente com o software *Tracker* para estudar fluidos, sobretudo Viscosidade e seu uso está ancorado pelas diretrizes do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), onde salienta a valorização da integração entre aulas teóricas, experimentação e tecnologias educacionais.

Ausubel defende o valor da ancoragem de novos conhecimentos como conceitos prévios, princípio que fundamenta a sequência didática abordada na atual dissertação. Pereira et al. (2021) demonstram em seu estudo experimental com discos oscilantes, a forma como a modelagem de cálculos matemáticos e a análise de dados podem ser fundamentais para ajudar a aprendizagem de fenômenos físicos, tais como o Arrasto Hidrodinâmico.

Este resultado conseguido depois de se fazer ajustes a partir dos dados experimentais, foi possível chegar a um resultado que tivesse a força de arrasto proporcional a área do disco. E isso acabou mostrando um resultado diferente dos obtidos com esferas de aço ou outro material.

Por outro lado, ao se fazer uso do software *Tracker* para fazer as análises de movimentos dessa dissertação, ficou claro sua eficácia na hora de visualizar esses fenômenos de queda da esfera dentro da coluna de *Stockes*. A pesquisa aplicou o *Tracker* para tentar mostrar de forma clara todo o movimento da esfera, e dessa forma trazer os conceitos de cinemática e viscosidade. E isso permitiu que os alunos pudessem fazer uma conexão entre as aulas teóricas e a parte prática. E esse resultado foi confirmado com o número de acertos no questionário sobre os

conceitos de fluidos e viscosidade. Quantidade de respostas corretas saltou significativamente na turma onde o produto educacional e o *Tracker* foram usados.

A construção de conceitos científicos tão abstratos, como os princípios da estática e da dinâmica dos fluidos, exige uma abordagem pedagógica que respeite a progressividade cognitiva dos estudantes. Nesse sentido, a organização de sequências didáticas estruturadas em etapas progressivas revela-se uma estratégia didática eficaz. Conforme argumentam Delizoicov e Pernambuco (2002), tal estruturação permite que os estudantes se desenvolvam gradualmente na compreensão dos conteúdos, superando as barreiras conceituais que frequentemente dificultam a apropriação de saberes científicos abstratos.

A eficácia dessas sequências está ancorada na articulação entre diferentes dimensões do processo de ensino-aprendizagem. A experimentação, ao proporcionar situações concretas de observação e manipulação de fenômenos, atua como catalisadora da curiosidade e da construção empírica do conhecimento. Por sua vez, a modelagem matemática proporciona ferramentas para a formalização e representação dos fenômenos estudados, promovendo a transição entre o saber empírico e o saber teórico. A contextualização prática, por fim, contribui para conferir sentido ao conteúdo aprendido, ao relacioná-lo com situações reais e cotidianas, o que favorece a internalização dos conceitos por meio de uma aprendizagem significativa.

Além disso, essa abordagem integradora tem o potencial de mitigar os chamados obstáculos epistemológicos – concepções prévias e arraigadas que muitas vezes se contrapõem ao conhecimento científico. Ao respeitar os ritmos de aprendizagem e oferecer múltiplas formas de abordagem dos conteúdos, as sequências didáticas progressivas tornam-se ferramentas valiosas para o desenvolvimento do pensamento científico e crítico nos estudantes.

A análise de conteúdo proposto por Bardin (2011), mostrou-se fundamental, usando o questionário como ferramenta para extrair esses dados e fazer o diagnóstico da eficácia ou não do produto educacional. Os dados obtidos mostraram grande diferença entre turmas com e sem a sequência. E assim, deixando claro a importância de metodologias ativas: “A educação não se faz apenas com transmissão de conteúdo, mas com a problematização do mundo, na qual educador e educando são sujeitos do processo” (Freire, 2019, p. 47).

A revisão da literatura fundamenta a proposta de integrar experimentação, modelagem e o uso de tecnologias digitais no ensino dos conceitos relacionados à mecânica dos fluidos, evidenciando sua consonância com os objetivos formativos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Os achados de Pereira et al. (2021), aliados à análise comparativa entre diferentes turmas, demonstram de forma consistente o potencial pedagógico das sequências didáticas estruturadas com base em evidências empíricas. Tais sequências

favorecem a promoção de uma aprendizagem significativa, ao articular metodologias que contemplam tanto a dimensão conceitual quanto a aplicabilidade prática dos conteúdos, em consonância com os princípios da abordagem investigativa e da aprendizagem por competências.

Ao realizar uma análise comparativa, identificam-se aspectos positivos e limitações no estudo de Pereira et al. (2021), intitulado *"Investigação Experimental da Lei de Stokes em Discos"*. O trabalho apresenta uma metodologia experimental minuciosamente descrita, incorporando procedimentos de ajuste matemático e análise de incertezas, o que confere rigor à interpretação dos dados. Notavelmente, os autores propõem uma adaptação da Lei de Stokes para corpos em forma de disco, evidenciando uma relação de dependência quadrática entre o coeficiente de amortecimento e o raio do objeto — uma abordagem que se diferencia do modelo clássico aplicado a esferas, ampliando assim a aplicabilidade da lei a outras geometrias.

E ao analisar as limitações do estudo de Pereira et al, observa-se que a abordagem adotada apresenta um elevado nível de tecnicidade, o que pode representar um obstáculo para sua aplicação direta no contexto do ensino médio. A complexidade conceitual e metodológica demanda a mediação de um professor com sólida formação em Física, capaz de orientar adequadamente os estudantes na compreensão dos fenômenos relacionados à viscosidade. Ademais, nota-se que o foco da pesquisa está concentrado na obtenção e análise de resultados físicos, sem contemplar, de forma explícita, a transposição didática ou a elaboração de propostas pedagógicas voltadas ao ensino médio, o que restringe seu potencial educativo nesse nível de ensino.

No que tange à presente dissertação, que se propõe a desenvolver e avaliar uma sequência didática usando um viscosímetro baseado na Lei de Stokes, a comparação com o trabalho de Pereira et al. (2021) permite destacar alguns aspectos notáveis. Entre os pontos positivos, ressalta-se que o presente estudo possui um objetivo educacional claramente delineado, ao propor, implementar e analisar uma sequência didática voltada à facilitação da aprendizagem de conceitos relacionados à mecânica dos fluidos. Diferentemente do enfoque estritamente técnico do estudo comparado, esta pesquisa prioriza a aplicabilidade pedagógica, buscando promover a construção significativa do conhecimento por meio de atividades experimentais contextualizadas.

Outro aspecto positivo a ser destacado é a utilização de uma tecnologia acessível e de fácil implementação, como o software *Tracker*, aplicado de forma didática no contexto da sequência proposta. Tal recurso possibilita aos discentes a visualização, coleta e interpretação dos dados experimentais de maneira mais independente e interativa, facilitando a compreensão

dos fenômenos físicos investigados. A efetividade dessa abordagem foi evidenciada pelos resultados obtidos após a aplicação da sequência didática: a análise dos gráficos demonstrou um aumento significativo no número de respostas corretas por parte dos estudantes, indicando avanços na aprendizagem dos conceitos relacionados à viscosidade e ao movimento de corpos em fluidos.

Adicionalmente, destaca-se como limitação metodológica o fato de a sequência didática ter sido aplicada em uma única turma, composta por trinta estudantes. E para melhor elucidar os aspectos comparativos entre os estudos analisados, elaborou-se uma tabela que sintetiza os principais elementos observados, permitindo uma visualização mais clara das convergências e divergências identificadas.

Tabela 2. Comparação para a revisão de Literatura dos Trabalhos: “Pereira et al. (2021) ” e “Uma Sequência didática sobre Fluidos”.

Configuração	**Sequencia didática da Dissertação**	**Pereira et al (2021)**
Público alvo	Alunos do 1º ano do ensino médio	Alunos de graduação
Ferramentas	Materiais de baixo custo e fácil acesso	Materiais de custo elevado, vendido em lojas especializadas
Nível de conteúdo	Simples e de acordo com os conceitos de ensino médio	Complexo, usando linguagem matemática avançada
Instituição de aplicação	Escolas de nível médio	Instituições de nível superior
Foco de ensino	Aprendizagem de conceitos de Física Básica	Aprendizagem de conteúdo técnico, mas com nível de graduação
Legados da pesquisa	Uso da teoria de Ausubel como alicerce teórico da sequência didática	Maior precisão de uma medida experimental
Limitações da Pesquisa	- Alunos de somente uma escola - Dependência de ferramentas tecnológicas	- Alunos de engenharia de somente uma universidade - Uso de equipamentos caros para fazer as medições
Público responsável pela aplicação	Professores de ensino médio, escolas públicas e privadas especialmente do 1º ano do ensino médio	Engenheiros, físicos experimentais, professores de universidades
Objetivo da pesquisa	Calcular a viscosidade dinâmica de óleo, glicerina, detergente e analisar incertezas experimentais	Calcular a viscosidade dinâmica de óleo, glicerina, detergente e analisar incertezas experimentais

Fonte: O autor (2025)

O estudo de Pereira et al. (2021) apresenta uma abordagem voltada predominantemente ao público de pesquisadores e docentes que buscam aprofundamento teórico-experimental em sua formação, destacando-se pelo rigor metodológico e pela precisão na análise física do fenômeno investigado. Em contraste, a sequência didática desenvolvida nesta dissertação tem como público-alvo educadores da educação básica que procuram uma ferramenta prática e acessível para aprimorar o ensino e a aprendizagem de conteúdos relacionados à mecânica dos fluidos.

No entanto, observa-se que essa proposta didática, apesar de seu potencial pedagógico, apresenta limitações no que diz respeito ao aprofundamento científico dos fundamentos empregados. Nesse sentido, propõe-se como sugestão a integração entre os dois estudos, de modo que a base teórico-experimental robusta apresentada por Pereira et al. (2021) possa ser incorporada à estrutura da sequência didática aqui desenvolvida, conferindo-lhe maior consistência científica sem comprometer sua aplicabilidade no contexto escolar.

Agora, ao se fazer a análise de literatura entre a atual sequencia didática e o trabalho "Possibilidades para ensinar Conceitos de Força de Arrasto em Meio líquido", onde é um artigo que proporciona métodos para ensinar forças de arrasto em líquidos, fica claro sua importância para confirmar a importância dessas ferramentas, pois esse trabalho usou simulações em softwares como, kahoot, Phet Colorado e Algodoo. E para analisar os dados também usou o *Tracker*.

É relevante destacar que ambos os estudos convergem ao evidenciar as contribuições das tecnologias digitais para o ensino de conteúdos relacionados à mecânica dos fluidos. As análises desenvolvidas evidenciam que a utilização de ferramentas tecnológicas, como o software *Tracker*, potencializa a compreensão dos fenômenos físicos ao tornar o processo de aprendizagem mais interativo e investigativo. Os dados obtidos nas respectivas pesquisas indicam avanços significativos no desempenho dos estudantes quando comparados a abordagens baseadas exclusivamente na transmissão de conteúdo, caracterizando, assim, um cenário mais favorável à construção ativa do conhecimento científico.

As sequências didáticas constituem ferramentas pedagógicas fundamentais para a mediação de conceitos abstratos no ensino de Física no nível médio. Ao estruturarem etapas progressivas, iniciando-se em contextos cotidianos, avançando por atividades experimentais e culminando na formalização matemática. Essas estratégias favorecem a construção de vínculos entre o universo empírico e os modelos teóricos. Tal abordagem contribui para a superação de

barreiras cognitivas frequentemente associadas à abstração excessiva, promovendo a aprendizagem significativa e o desenvolvimento de uma compreensão conceitualmente integrada dos fenômenos físicos. (Laburú, 2020).

Ambos os estudos tratam da aplicação de sequências didáticas mediadas por ferramentas digitais com o objetivo de promover a melhoria do processo de ensino-aprendizagem de conceitos relacionados à dinâmica dos fluidos, em especial à força de viscosidade. Apesar de convergirem em termos de objetivos didáticos e metodológicos, os trabalhos são diferentes quanto ao público-alvo. A sequência didática desenvolvida nesta dissertação foi implementada com estudantes do 1º ano do ensino médio, enquanto o artigo em análise foi conduzido com discentes do ensino superior, especificamente em nível de graduação.

Apesar das diferenças em relação ao público-alvo, ambos os trabalhos convergem no propósito de promover uma aprendizagem significativa, alicerçada no uso de tecnologias digitais e na implementação de metodologias ativas. Em termos metodológicos, os dois estudos abordaram uma abordagem mista, combinando a aplicação de questionários diagnósticos (pré e pós-intervenção) com a análise quantitativa dos dados obtidos, por meio da interpretação de gráficos e tabelas, a fim de embasar a discussão dos resultados e avaliar a efetividade das sequências didáticas propostas.

As sequências didáticas, quando elaboradas com base nos pressupostos da teoria da aprendizagem significativa, atuam como mediadoras no processo de integração entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os novos conteúdos a serem assimilados. Por meio da organização de etapas que envolvem a contextualização, a problematização e a aplicação dos saberes, essas estratégias favorecem a construção de redes conceituais articuladas, promovendo a atribuição de sentido ao conhecimento. Dessa forma, os conteúdos deixam de ser informações fragmentadas e passam a compor estruturas cognitivas mais complexas, permitindo sua mobilização em contextos diversos e sua vinculação à realidade dos alunos. (Moreira, 2011).

É relevante destacar que, em ambos os estudos, a implementação das sequências didáticas contribuiu significativamente para a ampliação da compreensão dos estudantes em relação aos conceitos abordados, especialmente quando comparada às metodologias tradicionais de ensino. A sequência didática desenvolvida na presente dissertação foi aplicada em uma instituição pública de ensino médio (CETI – Coari), junto a uma turma cujos discentes demonstraram inicialmente um domínio limitado dos conceitos relacionados à dinâmica dos fluidos. Por sua vez, o artigo analisado foi inteiramente desenvolvido em um contexto universitário, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), com estudantes em processo de formação docente.

Os dois estudos se complementam ao abordarem a utilização de metodologias ativas associadas a tecnologias acessíveis, promovendo uma aprendizagem mais engajada e contextualizada. Ambos os trabalhos convergem na defesa da articulação entre teoria e prática, evidenciando o papel das ferramentas digitais como mediadoras desse processo formativo.

O referido artigo tem como ponto positivo, a junção do formalismo matemático através das equações da força de Viscosidade, número de Reynolds. Paralelamente, o uso também desses softwares pela sequência didática traz uma maior motivação para os alunos envolvidos na aprendizagem. O objetivo de preparar futuros professores por esse produto educacional também é algo muito positivo, podendo assim discutir problemas que ainda existam para melhorar a metodologia do professor em sala de aula.

A elaboração de sequências didáticas no âmbito da formação inicial docente configura-se como um exercício formativo essencial para a articulação entre os conhecimentos teóricos e sua aplicação prática no contexto educacional. Ao planejar, implementar e refletir criticamente sobre essas propostas pedagógicas, os futuros professores desenvolvem competências didático-metodológicas que lhes permitem ressignificar os conteúdos disciplinares em experiências de aprendizagem significativas. Esse processo favorece a construção de práticas pedagógicas contextualizadas, sensíveis às demandas concretas dos estudantes e às especificidades dos ambientes escolares nos quais atuarão. (Pimenta; Lima, 2017).

A presente dissertação apresenta contribuições relevantes em relação ao artigo analisado, destacando-se por avanços significativos no que se refere à aplicabilidade didática e à acessibilidade dos recursos utilizados. A ênfase na utilização de experimentos de baixo custo, aliados a um software gratuito e de fácil acesso por parte dos alunos, constitui uma vantagem expressiva, especialmente no contexto da educação básica.

Ademais, a simplicidade metodológica, aliada à clareza na estruturação das etapas da sequência didática, configura outro aspecto positivo. A utilização de aulas expositivas como recurso introdutório para a contextualização dos conteúdos e para a condução das atividades contribui para a organização e a efetividade do processo de ensino-aprendizagem.

Não obstante os avanços apresentados, a presente dissertação também apresenta limitações que merecem ser analisadas em estudos futuros. Dentre elas, destaca-se a abordagem relativamente superficial dos conceitos de viscosidade e empuxo, especialmente no que diz respeito à exploração do formalismo matemático subjacente, que poderia ter sido desenvolvido com maior profundidade.

Com o intuito de promover uma análise comparativa mais clara e objetiva entre esta dissertação e o artigo anteriormente analisado, propõe-se a elaboração de uma tabela

comparativa, a qual permite evidenciar de forma sistematizada as principais semelhanças e distinções entre os dois trabalhos, tanto em termos metodológicos quanto conceituais.

Tabela 3. Comparação entre os dois trabalhos: “Sequencia didática sobre Fluidos” e “Ensino de forças de arrasto para graduação com TDICs”

Configuração	**Sequencia didática sobre Fluidos**	**Ensino de forças de arrasto para graduação com TDICs**
Público alvo	Alunos do 1º ano do ensino médio	Alunos de graduação
Ferramentas	Baixo gasto com materiais para fazer o experimento	Necessita de infraestrutura adequada
Nível de conteúdo	Simples e de acordo com os conceitos de ensino médio	Complexo, usando linguagem matemática densa
Instituição de aplicação	Voltado para escolas de nível médio	Instituições de nível superior
Foco de ensino	Aprendizagem de conceitos de Fluidos	Aprendizagem de conteúdo de nível superior
Legados da pesquisa	Uso de tecnologias nas aulas práticas sobre Fluidos	Uso de tecnologias nas aulas práticas de laboratórios
Limitações da Pesquisa	Uso de computadores para usar o *Tracker*	Uso de computadores para fazer cálculos e gráficos.
Público responsável pela aplicação	Professores da educação básica de escolas públicas e privadas	Professores de Faculdades e Universidades
Objetivo da pesquisa	Estudar o impacto de uma sequência didática com experimentos e simulador na aprendizagem de Fluidos.	Calcular a viscosidade dinâmica de óleo, glicerina, detergente e analisar incertezas experimentais

Fonte: O autor (2025)

O principal avanço apresentado por esta dissertação reside em sua aplicabilidade no contexto do ensino médio, ao adaptar metodologias ativas e integrar ferramentas tecnológicas compatíveis com a realidade cotidiana do professor. A proposta metodológica desenvolvida promove uma aprendizagem significativa, ao mesmo tempo em que se mostra acessível tanto para docentes quanto para discentes. As etapas da sequência didática foram planejadas com base em técnicas e materiais de fácil obtenção e utilização, permitindo sua implementação em diferentes contextos escolares, independentemente das condições estruturais ou dos recursos disponíveis no ambiente de ensino.

A ênfase em um experimento de fácil execução constitui um dos principais méritos desta dissertação, ao posicionar o aluno de ensino médio como protagonista do processo de aprendizagem. A utilização de materiais acessíveis, como esferas de corante e uma coluna de Stokes confeccionada com tubo de plástico transparente, contribui significativamente para a

motivação dos discentes e o engajamento na compreensão dos conceitos relacionados à dinâmica dos fluidos. Ressalta-se, ainda, que enquanto o trabalho intitulado “Ensino de forças de arrasto para graduação com TDICs” se caracteriza por uma abordagem teórica de maior complexidade e voltada ao ensino superior, a presente proposta se destaca por incorporar metodologias inovadoras voltadas ao ensino médio, proporcionando a universalização do acesso a práticas pedagógicas anteriormente restritas a instituições com maior disponibilidade de recursos didáticos e tecnológicos.

Na revisão da literatura, ao comparar a sequência didática desenvolvida nesta dissertação com o trabalho intitulado *“Aplicação da Lei de Stokes: um experimento didático em Fenômenos de Transporte”*, observa-se que ambos têm o mesmo arcabouço teórico, a Lei de Stokes, embora apresentem finalidades distintas em seus respectivos enfoques investigativos. Enquanto o referido artigo direciona-se ao contexto do ensino superior, com ênfase na compreensão de fenômenos de transporte, a presente sequência didática tem como objetivo principal a determinação da viscosidade do óleo de soja por meio da aplicação prática da Lei de Stokes, utilizando um viscosímetro didático construído com materiais acessíveis. Tal abordagem reforça o caráter experimental da proposta e sua adequação ao ensino médio, ao articular teoria e prática de forma contextualizada e significativa.

Adicionalmente, a presente sequência didática utiliza os princípios da Lei de Stokes para evidenciar, de maneira pedagógica, as principais forças existentes no sistema, ou seja, força gravitacional, empuxo e peso com o intuito de despertar no estudante o interesse pela compreensão dos conceitos fundamentais da dinâmica dos fluidos. Tal abordagem privilegia a construção do conhecimento por meio da experimentação acessível e contextualizada. Em contraste, o trabalho comparado enfatiza a precisão metodológica e a fidelidade às normas técnicas e diretrizes estabelecidas na literatura especializada, priorizando a exatidão dos procedimentos experimentais e a rigorosidade na obtenção dos dados.

A aplicação da sequência didática envolvendo o Viscosímetro de Stokes resultou em um desempenho significativamente superior por parte dos estudantes da turma do 1º ano 3, com um índice de acertos de 90% nas respostas ao questionário aplicado após a intervenção pedagógica. Esse resultado contrasta de forma expressiva com os dados obtidos em uma turma submetida exclusivamente a aulas expositivas, a qual apresentou uma taxa de acertos de apenas 56,6% no mesmo instrumento avaliativo. Tal comparação evidencia a efetividade da proposta didática na promoção da aprendizagem conceitual, ao favorecer maior compreensão dos conteúdos relacionados à dinâmica dos fluidos por meio da integração entre teoria e prática.

Ambos os trabalhos ressaltam o potencial do Viscosímetro de Stokes como recurso didático versátil, aplicável em distintos contextos educacionais. Esse dispositivo pode ser utilizado tanto como ferramenta pedagógica para a promoção da aprendizagem de conceitos relacionados à dinâmica dos fluidos quanto como instrumento experimental para a determinação da viscosidade de diferentes substâncias. A partir dessa constatação, estudos futuros poderão integrar essas duas abordagens, por meio do desenvolvimento de sequências didáticas que articulem, de forma equilibrada, os fundamentos teóricos e os procedimentos experimentais, preparando os estudantes para uma compreensão mais ampla e aplicada do fenômeno. Com vistas a subsidiar essa integração, propõe-se a elaboração de uma tabela comparativa entre os dois trabalhos analisados, a fim de evidenciar suas convergências, distinções e contribuições para o ensino de Ciências.

Tabela 4. Comparação entre os trabalhos: “Sequencia didática sobre Fluidos” e “Aplicação da Lei de Stokes: um experimento didático em Fenômenos de Transporte”.

Configuração	**Sequencia didática sobre Fluidos**	**Aplicação da Lei de Stokes: um experimento didático em Fenômenos de Transporte**
Público alvo	Alunos do 1º ano do Ensino Médio	Alunos de graduação de Química
Ferramentas	Coluna de Stokes de plástico, óleo de soja, cronometro, câmera de celular, notebook, fita métrica	- Fluido viscoso - Proveta graduada transparente - Esferas de aço - Cronômetro - Paquímetro ou micrômetro - Termômetro - Régua ou fita métrica - Balança de precisão - ímã - Suporte - Calculadora
Nível de conteúdo	Simples e de acordo com os conceitos de ensino médio	ensino superior, em Engenharia (Química, Mecânica, de Materiais), Física Aplicada ou Tecnologias relacionados a Fenômenos de Transporte
Instituição que pode ser aplicado	Voltado para escolas de nível médio	Universidades e Faculdades de Engenharia
Foco de ensino	Aprendizagem de conceitos de Fluidos	Aplicação da Lei de Stokes: um experimento didático em Fenômenos de Transporte
Legados da pesquisa	Uso de tecnologias acessíveis nas aulas práticas sobre Fluidos	- Democratização do ensino de Fenômenos de Transporte - Validação experimental da teoria. - Metodologia replicável - Inclusão educacional

		- Interdisciplinaridade
Limitações da Pesquisa	Uso de computadores para usar o *Tracker*	- Precisão dos instrumentos - Controle de variáveis ambientais - Pureza do fluido - Falta de utilização com tecnologias mais acessível
Público responsável pela aplicação	Professores da educação básica de escolas públicas e privadas	Técnicos em Química, mecânica ou Petróleo e Gás
Objetivo da pesquisa	Estudar o impacto de uma sequência didática com experimentos e simulador na aprendizagem de Fluidos.	Calcular a viscosidade dinâmica de óleo, glicerina, detergente e analisar incertezas experimentais

Fonte: O autor (2025)

Nesta etapa da revisão de literatura, ao comparar a presente dissertação — *"Uma sequência didática sobre o Viscosímetro de Stokes e o software Tracker"* — com o estudo experimental desenvolvido por Silva et al. (2017), observa-se que ambos os trabalhos utilizaram o Viscosímetro de Stokes como instrumento principal de investigação. No caso do estudo de Silva et al., o dispositivo foi empregado com o objetivo de determinar a viscosidade da glicerina, sendo evidenciadas discrepâncias entre os valores obtidos experimentalmente e aqueles previstos teoricamente. Tal comparação permite refletir sobre as limitações inerentes aos procedimentos experimentais simplificados e reforça a importância de contextualizar essas variações no processo de ensino, favorecendo a compreensão crítica dos fenômenos físicos envolvidos.

A presente sequência didática apresenta um caráter inovador ao integrar o uso do Viscosímetro de Stokes a uma proposta pedagógica estruturada e de fácil replicação em contextos diversos do ensino médio. Sua implementação em sala de aula demonstrou resultados significativamente positivos no processo de ensino-aprendizagem, evidenciando que a utilização dessa abordagem contribui de forma eficaz para a compreensão dos conceitos fundamentais relacionados à dinâmica dos fluidos. Assim, os dados obtidos reforçam o potencial da sequência didática como recurso metodológico que pode ser incorporado por professores interessados em promover uma aprendizagem ativa, contextualizada e conceitualmente sólida.

Sob essa perspectiva, recomenda-se que estudos futuros envolvendo o uso do Viscosímetro de Stokes busquem aprimorar os procedimentos experimentais por meio da adoção de métodos mais rigorosos no controle de variáveis críticas, tais como a temperatura do fluido, a pureza dos materiais utilizados e o diâmetro das esferas empregadas.

Além disso, sugere-se a ampliação do escopo de aplicação da sequência didática, contemplando tantas instituições de ensino públicas quanto privadas, bem como diferentes níveis de escolarização. Essa ampliação permitirá avaliar, de maneira mais abrangente, a eficácia da proposta pedagógica, especialmente ao considerar amostras maiores de estudantes do ensino médio, o que contribuiria para a validação e generalização dos resultados obtidos.

A articulação da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel com outras abordagens, como a aprendizagem baseada em projetos, pode potencializar os resultados pedagógicos conseguidos em contextos educacionais. Na criação da presente sequência didática, não foi incorporado o uso de plataformas online que oferecem simulações realistas dos fenômenos físicos, as quais representam uma ferramenta didática poderosa para a visualização e compreensão conceitual. A incorporação desses recursos digitais em pesquisas futuras tem o potencial de facilitar ainda mais o processo de aprendizagem dos estudantes, ao proporcionar experiências interativas e contextualizadas que complementem a mediação docente.

Tabela 5. Comparação entre os trabalhos: “Sequencia didática sobre Fluidos” e “Determinação Experimental da Viscosidade através do Método de Stokes”.

Configuração	Sequencia didática sobre Fluidos	Determinação Experimental da Viscosidade através do Método de Stokes.”.
Público alvo	Alunos do 1º ano do Ensino Médio	Estudantes de graduação em Física, Engenharia (Química, Mecânica, de Materiais), Química ou Ciências dos Materiais.
Ferramentas	Coluna de Stokes de plástico, óleo de soja, cronometro, câmera de celular, notebook, fita métrica	-Esferas aço -Tubo de vidro -Cronômetro -Paquímetro ou micrômetro -Termômetro -Balança de precisão -Câmera de alta resolução -Software de análise de vídeo -Termostato -Densitômetro -Seringa -Calculadora
Nível de conteúdo	Nível médio	Conhecimentos de Física Clássica Adequado para laboratórios de graduação (engenharia, físico, química).
Instituição que pode ser aplicado	Escolas de nível médio	-Universidade Pública; -Indústria Farmacêutica; -Escola Técnica de Química;

		-Museu de Ciências
Foco de ensino	Aprendizagem de conceitos de Fluidos	Dinâmica de fluidos, de equilíbrio de e forças materiais, Manipulação algébrica, de grandezas e análise, Propriedades reológicas de fluidos aplicações e industriais,
Legados da pesquisa	-Uso de tecnologias acessíveis nas aulas práticas sobre Fluidos, facilitando a aprendizagem dos alunos; - Serve como material didático em escolas, e institutos federais, museus e feiras.	-Introduz estudantes de graduação a conceitos de Mecânica dos Fluidos, equilíbrio de Forças e Propriedades dos Materiais, consolidando a conexão entre teoria e prática; -Aperfeiçoar habilidades como medição precisa, manuseio de instrumentos (paquímetro, cronômetro) e verificação de incertezas, essenciais para futuros cientistas e engenheiros; -Serve como material didático em escolas, e institutos federais, museus e feiras.
Limitações da Pesquisa	Uso de computadores para usar o *Tracker*	precisão das medições, controle ambiental e qualidade dos materiais.
Público responsável pela aplicação	Professores da educação básica de escolas públicas e privadas	-Alunos de Graduação; -Educadores; -Divulgadores Científicos; -Profissionais de Indústria e Laboratórios
Objetivo da pesquisa	Estudar o impacto de uma sequência didática com experimentos e simulador na aprendizagem de Fluidos.	

Fonte: O autor (2025)

A revisão da literatura evidenciou que, embora os trabalhos analisados mostrem objetivos distintos, eles se complementam ao abordar, de forma integrada, o ensino e a prática experimental por meio do Viscosímetro de Stokes. As limitações apontadas em ambas as pesquisas ressaltam a necessidade premente de futuros estudos que adotem um rigor metodológico mais aprofundado e promovam maior acessibilidade aos recursos educacionais. Ademais, esta revisão reforça a pertinência e a relevância do aprofundamento investigativo na interface entre experimentação científica e o uso de ferramentas tecnológicas aplicadas ao ensino de Ciências.

CAPÍTULO 5 – ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional desenvolvido nesta dissertação tem como objetivo abordar o conteúdo de fluidos, com ênfase nos conceitos de viscosidade, direcionado a alunos do 1º ano do Ensino Médio. Trata-se de uma ferramenta pedagógica significativa para agentes educacionais de Física, concebida a partir da necessidade de superar as dificuldades enfrentadas na prática docente. Conforme aponta Duit (2007), a alfabetização científica é fundamental para que os estudantes compreendam fenômenos naturais e aprimoram habilidades críticas para atuar no mundo contemporâneo. No contexto do ensino de Física, a complexidade dos conceitos envolvidos frequentemente dificulta essa compreensão, sendo imprescindível o desenvolvimento de estratégias didáticas que articulem teoria e prática de forma acessível e contextualizada (Osborne & Dillon, 2008). Dessa forma, a presente sequencia didática contribui para a consolidação do conhecimento e a melhoria da qualidade do ensino dos fenômenos relacionados à dinâmica dos fluidos, atendendo às demandas pedagógicas contemporâneas e promovendo um aprendizado significativo.

A escolha do produto educacional desenvolvido fundamenta-se nas diretrizes estabelecidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018), alinhando-se, simultaneamente, à teoria da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel.

O produto foi elaborado com base nos seguintes referenciais:

- ✓ Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): É uma aprendizagem usada para estimular a investigação científica a partir de situações reais, criando no aluno o desejo de aprender;
- ✓ Ensino por Investigação: baseado em autores que defendem a obtenção do conhecimento através da experimentação e do questionamento;
- ✓ TIC no Ensino de Física: Adiciona recursos digitais sobre o uso crítico de tecnologias na educação.

Além dos referenciais teóricos mencionados, este trabalho também se alicerça nas competências gerais previstas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com ênfase para a Competência Geral 4 — que trata da Cultura Digital, ao incentivar o uso crítico, significativo e ético das tecnologias digitais no processo de aprendizagem — e para a Competência Geral 5, que enfatiza a capacidade de argumentação com base em fatos, dados e evidências científicas, promovendo o pensamento crítico e a análise fundamentada no contexto educacional.

O desenvolvimento do produto educacional apresentado nesta dissertação foi fundamentado nas experiências pedagógicas do professor-pesquisador, que ao longo de sua

trajetória como professor da educação básica e superior tem utilizado, de forma recorrente, ferramentas didáticas voltadas ao ensino de Física. Sua atuação como Supervisor do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) em duas edições.

O exercício da docência como professor substituto no Instituto de Saúde e Biotecnologia do Médio Solimões, ISB/UFAM por um período de quatro anos, bem como a participação na orientação de projetos acadêmicos relacionados à temática da viscosidade e a publicação de artigos científicos sobre o assunto, constituíram elementos motivadores para a idealização e elaboração desta proposta. Tais vivências contribuíram para o reconhecimento da necessidade de um material didático acessível, contextualizado e metodologicamente fundamentado, que auxilie no enfrentamento das dificuldades conceituais observadas no ensino de fluidos na educação básica.

Tabela 6. Etapas da elaboração do produto educacional

Aula	**Descrição da etapa**	**Objetivo pedagógico**	**Recursos utilizados**	**Metodologia aplicada**
1	Aplicação de questionário diagnóstico com perguntas abertas; apresentação da proposta.	Identificar conhecimentos prévios e motivar os alunos para o estudo do tema.	Questionário impresso, quadro, slides.	Aprendizagem significativa (Ausubel) e contextualização e sensibilização.
2	-Pesquisa orientada em laboratório de informática; elaboração de roteiro experimental pelos alunos; -Execução do experimento pelo professor com filmagem do procedimento; discussão coletiva.	-Desenvolver autonomia na investigação científica e no planejamento de experimentos; -Apresentar o fenômeno físico e demonstrar o conceito de viscosidade.	-Computadores com acesso à internet; -Viscosímetro artesanal, câmera, quadro.	-Metodologias ativas; pesquisa guiada; -Aula demonstrativa, observação ativa.
3	-Realização do experimento pelos alunos em grupo, com filmagem da prática; -Repetição do experimento de forma autônoma, com base no roteiro.	-Estimular protagonismo estudantil e construção colaborativa do conhecimento; - Reforçar o domínio do procedimento experimental e desenvolver precisão metodológica.	-Viscosímetro, esferas, cronômetro, câmera; - Materiais do experimento, roteiro elaborado.	-Ensino por investigação, aprendizagem colaborativa; -Investigação autônoma, repetição orientada.

4	Análise dos vídeos com o software *Tracker;* elaboração de gráficos e tabelas.	Desenvolver habilidades em análise computacional de dados físicos.	Computadores, software *Tracker.*	Modelagem computacional, letramento científico.
5	Reaplicação do questionário; roda de conversa e reflexão crítica.	Avaliar o avanço conceitual e promover a metacognição.	Questionário, dados da turma, quadro.	Avaliação formativa, metacognição, comparação de resultados.

Fonte: O autor (2025)

O produto foi validado por meio da aplicação do questionário depois da sua execução. Os números abordados na Análise dos Resultados deixam claro da sua importância para se aprender Fluidos, sobretudo Viscosidade. A diferença entre a turma que foi aplicado o produto educacional e a que não teve o uso dessa ferramenta pedagógica é significativa. Os alunos mostraram em suas respostas o quanto foi importante seu uso para aprender esses conceitos.

CAPÍTULO 6 – APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

6.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

A sequência didática elaborada propõe o ensino do conteúdo sobre física básica, normalmente ministrado na disciplina de Física do 1º ano do Ensino Médio (EM). E para uma melhor eficiência da aprendizagem, sugere-se que no bimestre que anteceder a aplicação da sequência sejam abordados conteúdos acerca da natureza da ciência, grandezas e medidas, movimentos, operações com potência de base dez, e os conhecimentos de física básica.

O presente material aborda a importância de uma sequência didática nas aulas práticas de física básica, juntamente com uma ferramenta tecnológica, no caso o *Tracker*. E seu valor se mostra pelo fato de haver um vasto universo de conhecimento pronto para ser explorado pelos alunos do primeiro ensino médio. A partir do momento que o professor desperta esse interesse no aluno pela física, através de uma sequência didática, o potencial de aprendizagem ativado nesse discente é infinito.

A seguir serão descritos minunciosamente os sete momentos da sequência didática constituinte do Produto Educacional elaborado. Cada momento perfaz duas horas/aula, utilizadas para a introdução do assunto, discussão/reflexão dos conceitos e a avaliação da aprendizagem.

6.2 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

Esse capítulo descreve como foram desenvolvidas as atividades relacionadas ao produto educacional, que aborda aulas práticas sobre Fluidos usando um Viscosímetro de Stokes, onde foi um tubo transparente de plástico com óleo de soja e esferas de corante. Seu uso faz parte de uma das etapas da sequência didática, servindo como uma ferramenta de aula prática.

A utilização do viscosímetro de Stokes em atividades experimentais no ensino médio configura-se como uma estratégia didática eficaz para a articulação entre fundamentos teóricos e práticas laboratoriais no ensino de Hidrodinâmica. Por meio dessa abordagem, os estudantes desenvolvem competências científicas essenciais, tais como a coleta e tratamento de dados, a análise dimensional e a interpretação de fenômenos físicos em contextos reais. Além disso, sua estrutura simples e de baixo custo viabiliza sua implementação em diferentes realidades escolares, contribuindo significativamente para a promoção da alfabetização científica e para a compreensão conceitual dos processos relacionados à viscosidade e ao escoamento de fluidos. (Souza, 2022).

A atual sequencia didática foi desenvolvida buscando adequar-se à realidade da educação básica, mais precisamente à realidade do 1º ano do ensino médio, de escolas públicas de ensino regular. Visando desenvolver um caminho distinto que proporcione tanto para os professores como para as estudantes experiências novas, objetivando criar motivação para desenvolver novas práticas que possam contribuir significativamente para melhoria dos processos de ensino e da aprendizagem.

A pesquisa foi desenvolvida na escola Estadual Professor Manuel Vicente Ferreira Lima, escola da rede estadual de ensino do estado do Amazonas. Esta escola foi escolhida por ser o local de atuação profissional do referido pesquisador, como professor da rede de educação básica e por incentivar a realização de projetos que incentivem a pesquisa como cooperação educacional, principalmente àquelas voltadas a implantação de tecnologias educacionais que estimulem a aprendizagem de conteúdo das ciências no geral.

Vale ressaltar que outro aspecto pela escolha desta escola dar-se-á por orientação do regimento geral do MNPEF, que determina que o mestrando deva aplicar seu produto educacional na escola onde atua como professor. Diante do exposto até o momento, é importante dizer que a referida sequência didática foi elaborada com base no trabalho de diversos autores que são defensores dessa prática de ensino.

Construiu-se uma sequência didática composta por atividades diversificadas, como experimentação, pesquisa histórica, simulação através do Software *Tracker*, com o intuito de se aprimorar diferentes aptidões dos discentes e proporcionar uma aprendizagem expressiva

de conceitos relacionados a Mecânica e Astronomia. Na primeira aula de cada turma que foi usada na pesquisa, o professor apresentou o plano de aula, os conteúdos que foram abordados e explicou como o seria feito o experimento, juntamente com o *Tracker*, que foi utilizado como recurso didático durante a aplicação da sequência didática.

A primeira etapa também foi elaborada para realizar o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes e, a partir deles, estruturar as demais atividades da sequência. Os alunos receberam um questionário onde tinha oito questões sobre Fluidos que retrata algumas aplicações e situações que se observa no cotidiano. Em seguida, foi solicitado dos alunos para responder esse questionário, onde puderam mostrar suas experiências e seus conhecimentos sobre o tema relacionado ao experimento sobre Fluidos.

Vale lembrar que os alunos tiveram liberdade de participar das atividades, em todo o processo, desde a montagem do experimento com o professor, e consequentemente, até quando foram fazer a atividade de forma autônoma. Após a análise dos textos produzidos, verificou-se se os estudantes apresentaram um déficit de conhecimentos mínimos sobre Fluidos.

Um dos focos dessa pesquisa é trazer uma proposta de atividade experimental, usando como ferramentas, o referido experimento e o software apresentado, buscando sempre usar os conhecimentos prévios tecnológicos que os estudantes de hoje têm sobre as tecnologias.

É importante ressaltar que este produto educacional tem outras potencialidades que podem ser exploradas para propor situações-problemas mais complexas aos estudantes. Dessa forma, além dos conteúdos abordados na execução da sequência didáticas, os demais conteúdos sobre Mecânica também podem ser explorados usando o *Traker*. Ao público escolhido foi alunos da rede estadual de ensino de Coari, da 1ª série do ensino médio, sete turmas com aproximadamente duzentos e dez alunos participantes, da Escola Estadual de Tempo Integral Professor Manuel Vicente Ferreira Lima - CETI/COARI.

Diante do exposto, um questionário com oito questões de caráter objetivo foi respondido pelos alunos com o objetivo de tabular os impactos do uso da sequência didática nos conhecimentos de Fluidos. Vale ressaltar também, que a pesquisa foi de natureza mista: “A natureza mista da pesquisa não é apenas uma junção de técnicas, mas uma postura epistemológica que reconhece a complexidade do real. No contexto educacional, por exemplo, ela permite capturar tanto a dimensão mensurável da aprendizagem quanto as subjetividades que a permeiam, enriquecendo intervenções pedagógicas” (Fazenda, 2016, p. 89).

As turmas de alunos selecionadas para a pesquisa, uma vez sendo já conhecida pelo referido pesquisador, foi verificado se os mesmos reuniam as condições propícias, para a execução da referida pesquisa:

(1) a maioria dos alunos ter conhecimento mínimo sobre informática; (2) a turma apresenta um número de alunos ideal para realização das atividades (30 indivíduos); (3) o conteúdo da disciplina de Ciências – Mecânica. E como já citado anteriormente pelos autores da presente pesquisa, a mesma foi do tipo exploratória descritiva, o que segundo Marconi e Lakatos (2003, p. 187) “[...] têm por objetivo descrever completamente determinado fenômeno [...]” podendo “[...] ser encontradas tanto descrições quantitativas e/ou qualitativas, quanto acumulação de informações detalhadas, como as obtidas por intermédio da observação participante”.

A incorporação de questionários, observações e entrevistas no desenvolvimento de uma sequência didática não se limita à função instrumental de obtenção de dados, mas constitui um componente essencial na articulação entre fundamentos teóricos e práticas pedagógicas. Esses instrumentos diagnósticos e avaliativos possibilitam ao docente monitorar o processo de aprendizagem de forma contínua, promovendo ajustes metodológicos em tempo real e favorecendo intervenções mais alinhadas às demandas cognitivas. (Ludke, André, 2018).

É importante lembrar que no ensino da física o experimento é uma ferramenta importante, pois proporciona uma visualização dos conceitos abordados na aula. O aluno em contato com a prática tem uma construção do conhecimento mais significativa, pois ele tem chance de confrontar sua construção mental com a realidade cotidiana: "A experimentação em sequências didáticas rompe com o ensino dogmático da física. (Carvalho, 2019).

Dentre as metodologias e ferramentas utilizadas pelos professores para a educação efetiva da Física, podem ser citadas a prática de experimentações como um dispositivo que retém o interesse, e gera o estímulo para a aprendizagem mediante a observação, análise, exploração, planejamento e o levantamento de hipóteses. Estas possibilitam aos alunos desenvolver suas habilidades: "A experimentação não é um fim em si mesma, mas uma ferramenta para problematizar o mundo. Em sequências didáticas bem estruturadas, ela desafia os alunos a questionarem, testarem ideias e construírem explicações científicas, alinhando-se às competências da BNCC que priorizam o protagonismo discente" (Carvalho, 2023, p. 114).

A Sequência foi estruturada em 5 aulas de 60 minutos, que envolveram ferramentas para possibilitar a participação do estudante, tais como imagens, amostras de slides sobre o *Traker* e o experimento sobre Fluidos. Esses questionários foram elaborados para servir de parâmetros

para o professor pesquisador, quanto a aplicação da Sequência Didática é auxiliar na organização das aulas que foram desenvolvidas, desenvolvidas ao longo da pesquisa.

4.2.1 Aula 1

Nesta etapa inicial, o professor contextualizou o tema “viscosidade de fluidos”, relacionando-o ao cotidiano dos alunos. Em seguida, aplicou-se um questionário diagnóstico com questões conceituais simples para avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes. Essa estratégia permitiu identificar os principais obstáculos de aprendizagem. Esta aula está alinhada à habilidade EM13CNT101 da BNCC, que prevê a discussão de conceitos científicos a partir de situações-problema.

Figura 7.0: Primeira Aplicação do questionário – 1º ano 3. Fonte: O Autor (2024)

Metodologia: *Aula expositiva dialogada e sondagem diagnóstica*

Avaliação da aula

A avaliação deve ser feita através da observação e interesse dos alunos quanto ao trabalho desenvolvido.

É importante o professor usar o questionário como uma porta de entrada para o conteúdo a ser pesquisado, pois através do questionário ficou claro o que o aluno já tem de conhecimento, assim traçar um roteiro de aprendizagem na hora da pesquisa de forma a facilitar a compreensão do conteúdo. O docente acompanha o aluno nessa etapa de pesquisa, de modo a orienta-lo a se tornar independente, e estudar de forma autônoma e correta.

Ele se torna útil quando pretende-se recolher informação sobre um determinado tema: O questionário diagnóstico é um instrumento essencial para identificar os conhecimentos prévios

dos alunos. Ele funciona como um mapa que orienta o planejamento, evitando a repetição de conteúdos já dominados e destacando lacunas que exigem intervenção. (Gil, 2021).

Esse instrumento de coleta de dados foi constituído por uma série ordenada de perguntas, que deviam ser respondidas pelos participantes da pesquisa, oferecendo respostas mais objetivas e pontuais. Nesse viés, pôde-se definir o questionário como uma técnica de investigação composta por um conjunto de questões que foram submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos de Viscosidade.

A aplicação de questionários prévios à implementação de uma sequência didática configura-se como uma estratégia metodológica que transcende a mera identificação dos conhecimentos iniciais dos discentes. Ao promover a autorreflexão crítica acerca de suas próprias concepções e lacunas cognitivas, tal instrumento contribui para o engajamento ativo no processo de aprendizagem. Inserida na perspectiva da avaliação formativa, essa prática assume caráter pedagógico autônomo, ao integrar o diagnóstico às dinâmicas reflexivas e interativas do ensino, possibilitando intervenções mais precisas e significativas por parte do docente. (Belloni, 2019).

É um instrumento útil para coletar informações de pesquisa, os quais fornecem dados estruturados, muitas vezes numéricos, podendo ser administrado pelo pesquisador para se ter uma compreensão de onde se encontra o nível de conhecimento do aluno sobre determinado conteúdo. Ao não utilizar o questionário, fica extremamente difícil fazer esse diagnóstico de forma clara e precisa.

4.2.2 Aula 2

Essa aula foi realizada no laboratório de informática. Os alunos foram organizados em grupos, onde realizaram uma pesquisa numa tabela de sites fornecido pelo professor sobre os conceitos de viscosidade, Lei de Stokes, software *Tracker* e as forças envolvidas no movimento de um corpo em um fluido. O professor atuou como mediador, auxiliando na validação das fontes e na construção do conhecimento. Esta etapa dialoga com a habilidade EM13CNT103, que estimula a investigação e argumentação com base em dados e fontes científicas.

O docente efetuou a realização de uma demonstração experimental tendo como aparato um viscosímetro construído segundo o princípio de Stokes, elaborado com materiais de baixo custo, tais como óleo vegetal, tubo cilíndrico transparente e esferas com corante. E paralelamente o objetivo de provar fenômenos associados à dinâmica de fluidos viscosos. A atividade foi devidamente registrada em vídeo, com a finalidade de subsidiar análises cinemáticas posteriores por meio do software *Tracker*. Durante a aula, promoveu-se uma discussão sistemática acerca das forças atuantes no sistema, especificamente a força

gravitacional, a força de empuxo e a força de resistência viscosa. Tal abordagem encontra correspondência direta com a habilidade EM13CNT104 da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que enfatiza a aplicação de conceitos físicos em contextos diversos, valorizando a articulação entre teoria e prática.

Tabela 7. Sites que podem auxiliar o aluno a estudar de forma independente e organizada.

SITE	DESCRIÇÃO	IDIOMA	LINK
Khan Academy	Videoaulas, exercícios e conceitos básicos de Física. Ideal para iniciantes.	Português Inglês	khanacademy.org/science/physics
Física Classroom	Explicações detalhadas, simuladores e exercícios interativos.	Inglês	physicsclassroom.com
PhET Simulations	Simulações interativas de conceitos físicos (ex.: mecânica, eletricidade).	Inglês	phet.colorado.edu
Socratica (YouTube)	Playlists com explicações animadas sobre temas de Física.	Inglês	youtube.com/Socratica
Brasil Escola	Resumos, fórmulas e conteúdo direcionado para o ensino médio e ENEM.	Português	brasilescola.uol.com.br/fisica
Física e Vestibular	Material teórico e questões de vestibulares com resolução comentada.	Português	fisicaevestibular.com.br
Crash Course (YouTube)	Série "Physics" com explicações dinâmicas e contextualizadas.	Inglês	Crash Course Physics
HyperPhysics	Conceitos organizados em mapas mentais (nível médio a superior).	Inglês	hyperphysics.phy-astr.gsu.edu
Manual do Mundo	Canal no YouTube com experimentos práticos de Física e ciências.	Português	youtube.com/ManualdoMundo
Física Total	Aulas em vídeo e dicas para vestibulares e ENEM	Português	fisicatotal.com.br

Fonte: O autor (2025)

Todos esses sites podem ser acessados de forma grátis, tendo aulas que os professores disponibilizam gratuitamente para que você possa acompanhar determinados assuntos da matéria. E seu aluno nesse momento de pesquisa ficará fascinado com a forma que esses sites disponibilizam os conteúdos de Física. O discente pôde ter prazer em estudar Física, de modo lúdico usando esse poder infinito da tecnologia para seu desenvolvimento intelectual.

Metodologia: *Pesquisa orientada em grupo com mediação docente,* aula demonstrativa com observação ativa.

Avaliação da aula

O discente foi avaliado de acordo com o grau de interesse pela prática adotada e pelo entendimento do conteúdo, que seja de analisado de forma qualitativa, tomando como referência a participação da prática pedagógica.

Figura 8.0: Pesquisa no Laboratório – 1º ano 3. Fonte: O autor (2025)

Figura 9.0: montagem do Experimento pelo Professor – 1º ano 3. Fonte: O autor (2025)

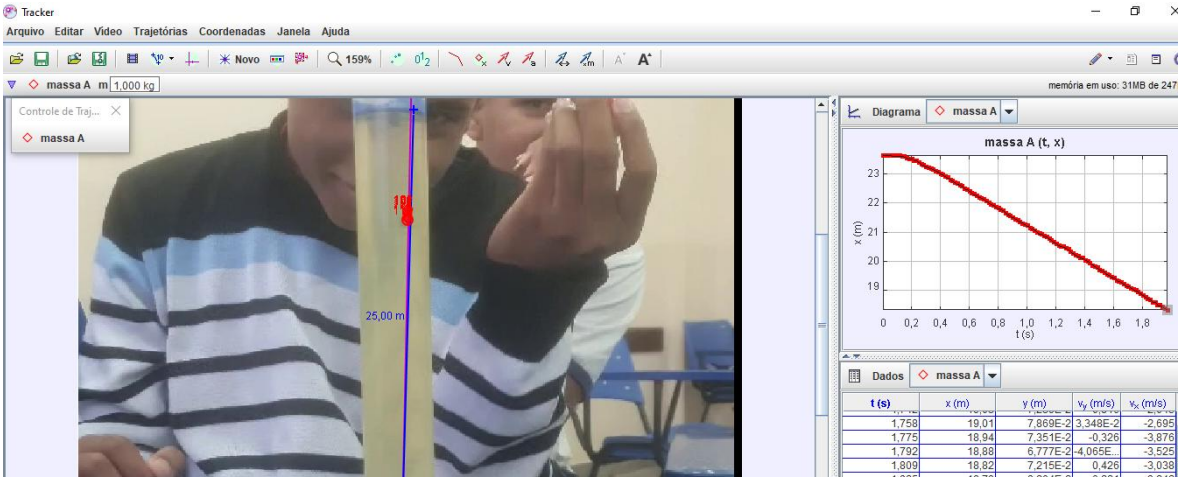


Figura 10: Print da imagem com o Gráfico da velocidade da esfera de corante feito no *Traker* pelo Professor – 1º ano 3Fonte: O autor (2025)

A compreensão dos conceitos fundamentais que envolvem o comportamento dos fluidos é essencial para a formação científica dos alunos do primeiro ano do Ensino Médio, sobretudo em uma perspectiva que articule teoria e prática.

A densidade (ρ) é definida como a razão entre a massa de um corpo (m) e o volume que ele ocupa (V), ou seja, ρ = m/V. Trata-se de uma grandeza escalar de fundamental importância para a caracterização de materiais, especialmente no contexto dos fluidos. A densidade influencia diretamente o comportamento de um corpo imerso em um fluido, sendo determinante para avaliar se ele afundará ou flutuará. A literatura mostra que a introdução da densidade por meio de experimentações simples facilita a aprendizagem do conceito pelos estudantes, especialmente quando associada a materiais do cotidiano (SANTOS & MORTIMER, 2002).

A pressão em fluidos é explicada como a força exercida perpendicularmente por unidade de área. Em condições de equilíbrio hidrostático, a pressão em um ponto de um fluido em repouso depende da densidade do fluido, da gravidade e da profundidade do ponto considerado, sendo dada pela expressão P = ρgh.

A força de empuxo explica fenômenos de flutuação e é de extrema relevância para o estudo da hidrostática e da dinâmica de fluidos. A abordagem experimental do empuxo em sala de aula, segundo Azevedo e Bazzo (2011), contribui substancialmente para o desenvolvimento da compreensão conceitual por parte dos estudantes, sobretudo quando o docente articula o conhecimento prévio com as novas informações, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de (Ausubel 2003).

A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) aconselha que o estudante seja capaz de compreender e aplicar os conceitos das ciências naturais para explicar fenômenos e resolver problemas do cotidiano. Nesse sentido, a presente aula tem um arcabouço, principalmente, na Habilidade (EM13CNT103)**,** que propõe analisar o movimento e as interações entre corpos com base nos princípios da mecânica clássica, incluindo situações com fluidos.

O professor ao utilizar as metodologias ativas, como a experimentação orientada e o uso de vídeos demonstrativos, reforça o protagonismo do estudante no processo de construção do conhecimento. Tais estratégias didáticas têm demonstrado efetividade em favorecer a aprendizagem significativa, promovendo a articulação entre os conteúdos curriculares e o contexto sociocultural do discente.

4.2.3 Aula 3

Os estudantes, organizados em grupos, executaram o experimento sob supervisão do professor, registrando suas observações em planilhas e filmando os testes com celulares. O processo desenvolveu a habilidade EM13CNT106, voltada para a aplicação de modelos científicos a fenômenos observáveis no cotidiano.

Nesta aula, os alunos também repetiram o experimento com maior autonomia, utilizando um roteiro previamente elaborado pelo professor com orientações técnicas claras. O objetivo foi aprimorar a metodologia de coleta de dados, reforçando o pensamento sistemático e a organização experimental. Esta etapa desenvolveu a habilidade EM13CNT201, ao planejar e executar experimentos com base em procedimentos científicos.

Metodologia: *Aprendizagem ativa por experimentação em grupo, experimentação guiada com roteiro científico.*

Avaliação da aula

O discente foi avaliado de acordo com o grau de interesse pela prática adotada e pelo entendimento do conteúdo, que seja de analisado de forma qualitativa, tomando como referência a participação da prática pedagógica.

Figura 11: montagem do Experimento pelos alunos – 1º ano 3Fonte: O autor (2025)

A viscosidade é uma propriedade intrínseca dos fluidos, relacionada à sua resistência ao escoamento. Essa resistência se deve ao atrito interno entre as camadas do fluido em movimento

e é estudado como uma força que se opõe ao deslocamento relativo entre essas camadas. Como explica Munson et al. (2013), a viscosidade dinâmica (η) é uma medida quantitativa dessa resistência, sendo uma das variáveis fundamentais no estudo da mecânica dos fluidos.

Essa equação é derivada sob as seguintes hipóteses: o fluido é newtoniano, o escoamento é laminar e a partícula é esférica e pequena em relação ao recipiente (WHITE, 2006). O equilíbrio das forças gravitacional, de empuxo e viscosa possibilita, a partir da medição da velocidade terminal, calcular o valor da viscosidade de um fluido. Tal metodologia experimental é comumente utilizada em laboratórios didáticos de Física e Engenharia.

No contexto da educação básica, o ensino da viscosidade por meio da Lei de Stokes permite desenvolver atividades práticas que favorecem o aprendizado significativo. Como argumenta Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando novos conteúdos são relacionados de forma não arbitrária aos conhecimentos prévios do aluno. Desse modo, a experimentação com materiais de baixo custo, como óleo de cozinha e esferas metálicas, possibilita a aproximação entre o conteúdo formal e a realidade cotidiana do estudante.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tras como orientação a prática docente no Ensino Médio ao estabelecer competências que dialogam diretamente com esse tipo de abordagem. A Competência Geral 2, que aborda o pensamento científico, crítico e criativo, e a Competência Geral 5, que evidencia a argumentação com base em dados e evidências, estão diretamente relacionadas à proposta de ensino por investigação e experimentação (BRASIL, 2018).

4.2.4 Aula 4

Com os vídeos gravados, os grupos realizaram a análise do movimento das esferas no software *Tracker*, obtendo valores de velocidade terminal. Com esses dados, aplicaram a equação da Lei de Stokes para calcular a viscosidade do fluido. Essa aula incorporou a habilidade EM13CNT202, que enfatiza o uso de tecnologias digitais na resolução de problemas científicos.

Metodologia: *Uso de tecnologia digital aplicada à análise de movimento (TDIC).*

Avaliação da aula

O discente foi avaliado de acordo com o grau de interesse pela prática adotada e pelo entendimento do conteúdo, que seja de analisado de forma qualitativa, tomando como referência a participação da prática pedagógica.

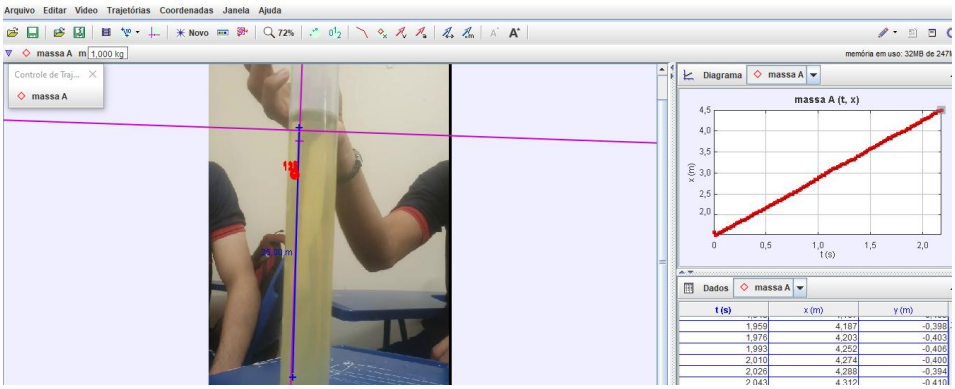


Figura 12: print da imagem com o Gráfico da velocidade da esfera de corante feito no *Traker* pelos alunos – 1º ano 3. Fonte: O autor (2025)

4.2.5 Aula 5

A última aula teve como objetivo reavaliar o aprendizado dos alunos. O questionário aplicado na primeira aula foi reaplicado, possibilitando a comparação quantitativa dos resultados. Em seguida, realizou-se uma roda de conversa na qual os alunos refletiram sobre a experiência, o que aprenderam e como o experimento contribuiu para a compreensão dos conteúdos. Essa etapa contribuiu com o desenvolvimento da habilidade EM13CNT301, que trata da análise crítica do conhecimento científico.

Metodologia: *Avaliação formativa e metacognição (roda de conversa).*

Avaliação da aula

O discente foi avaliado de acordo com o grau de interesse pela prática adotada e pelo entendimento do conteúdo, que seja de analisado de forma qualitativa, tomando como referência a participação da prática pedagógica.

Figura 13: Segunda Aplicação do questionário – 1º ano 3. Fonte: O autor (2025)

A aplicação da sequência didática fundamentada na aprendizagem significativa de Ausubel admite observar se há a ativação de subsunçores prévios como conceitos cotidianos sobre Viscosidade. E se facilitou a ancoragem de novos conteúdos como a característica dos fluidos. E também permite o uso de organizadores prévios. Reduziu a carga cognitiva durante a assimilação de conceitos abstratos. Criou uma avaliação baseada em explicações conceituais e revelou desenvolvimentos qualitativos na compreensão profunda sobre o conceito envolvido.

CAPÍTULO 7 – A PESQUISA

7.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Vale destacar que essa pesquisa foi de cunho exploratória e abordagem mista, onde trouxe um questionário para cada aluno, contendo oito perguntas cada, em que os entrevistados puderam fornecer como resposta um texto de forma discursiva. Nesse estudo, vale lembrar que a fonte de pesquisa utilizada é também do tipo primária, uma vez que, as informações foram colhidas através do referido questionário.

A classificação das pesquisas pode ser guiada com base em uma série de critérios diversos, tais como a delimitação por área de especialização, a determinação de objetivos, a divisão do grau de abrangência da explicação e a preferência dos procedimentos metodológicos pertinentes. Conforme observado por Gil (2017, p. 25), “as pesquisas podem ser classificadas de diferentes maneiras".

Ao mesmo tempo, a abordagem de métodos mistos inclui características das duas anteriores, considerando a coleta de informações tanto numéricas quanto textuais com o propósito de aprofundar a compreensão dos problemas de pesquisa. O produto educacional elaborado (Apêndice A) trata-se de um material a ser disponibilizado ao professor de Ensino Médio, com vistas a obtenção de uma aprendizagem mais significativa acerca do tema.

No âmbito deste projeto, deliberou-se como já mencionado acima pela adoção de uma abordagem de pesquisa Mista (quali-quantitativa). Esta escolha pressupõe a utilização concomitante de dados quantitativos e qualitativos a fim de obter uma compreensão abrangente e multifacetada do fenômeno em estudo (Gil, 2017). Ademais, planeja-se conduzir uma revisão bibliográfica criteriosa para fundamentar os objetivos específicos da pesquisa, recorrendo a fontes teóricas e acadêmicas que enriquecerão a base conceitual subjacente.

Para a análise dos questionários dos professores foi utilizado o método de Bardin (2011), o qual divide-se em três etapas principais: pré-análise, exploração dos materiais (categorização), e inferência de conclusões. Na pré-análise, foram selecionados e organizados os dados

coletados; a etapa de exploração envolveu a categorização e interpretação das respostas, permitindo a identificação de padrões e temas recorrentes; por fim, as hipóteses foram formuladas e validadas, levando à extração de conclusões fundamentadas sobre as percepções e experiências dos alunos em relação aos conceitos sobre fluidos.

Esta dissertação busca não apenas diagnosticar dificuldades de aprendizagem, mas sobretudo oferecer um modelo analítico replicável para a facilitar a aprendizagem dos alunos, estando em sintonia com a missão do MNPEF. Essa missão que busca formar professores-pesquisadores capazes de transformar a prática educacional dos professores.

7.2 ESTRUTURA METODOLÓGICA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SEGUNDO O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

A sequência didática desenvolvida nesta pesquisa foi delineada segundo os princípios do Ensino por Investigação, abordagem que confere centralidade à atividade cognitiva do estudante ao proporcionar a construção ativa e autônoma do conhecimento científico. E sua estrutura metodológica se organizou em quatro etapas fundamentais: problematização, levantamento de hipóteses, experimentação e conclusão, cada uma desempenhando papel específico no processo investigativo.

A primeira etapa, problematização, consistiu na abordagem de uma situação-problema real e contextualizada, relacionada à dinâmica dos fluidos, com foco no comportamento da viscosidade em diferentes meios. Essa abordagem foi cuidadosamente escolhida por seu potencial de criar questionamentos e ativar os conhecimentos que os alunos trazem, funcionando como ponto de partida para a atividade investigativa. A intencionalidade dessa etapa reside em despertar a curiosidade epistemológica e instaurar um clima de investigação no ambiente de aprendizagem.

Na etapa seguinte, levantamento de hipóteses, os estudantes foram incentivados a propor explicações provisórias para o fenômeno observado, baseando-se em seus saberes prévios e nas primeiras informações teóricas disponibilizadas. Essa fase foi conduzida de forma colaborativa, fomentando o debate, a argumentação e a socialização de ideias, elementos fundamentais para a construção coletiva do conhecimento e para o exercício do pensamento científico.

A etapa de experimentação foi operacionalizada com o uso do Viscosímetro de Stokes, aliado ao software *Tracker*, proporcionando a coleta, o registro e a análise de dados empíricos em situações controladas. Os estudantes participaram ativamente do planejamento e da

execução dos procedimentos experimentais, testando suas hipóteses e comparando-as com os resultados obtidos.

Por fim, a etapa de conclusão envolveu a sistematização e o estudo crítico dos resultados, bem como a retomada das hipóteses iniciais à luz dos dados coletados. Essa fase teve como objetivo consolidar os conhecimentos construídos ao longo do processo, induzindo a reconciliação conceitual e favorecendo a aprendizagem significativa. Os estudantes foram instigados a refletir sobre os limites e alcances das suas interpretações, desenvolvendo uma postura científica pautada na reflexão, na argumentação e na revisão contínua de ideias.

A estrutura metodológica da sequência, ao seguir rigorosamente os passos do Ensino por Investigação, mostrou-se pertinente à promoção de uma aprendizagem ativa, reflexiva e conceitualmente robusta, de acordo com os objetivos formativos desta pesquisa e com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, anteriormente discutidos.

7.3 CALSUÍSTA

Foram incluídos neste estudo todos os sujeitos que atenderam aos seguintes critérios:

1. Compor o grupo de alunos matriculados nas turmas de primeiro ano do Ensino Médio da escola selecionada;

2. Estar frequentando as aulas regularmente.

3. Ter assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, ou, no caso de menores de 16 anos, ter a autorização dos pais ou responsáveis.

Atendidos os critérios acima, o pesquisador fez uma explanação geral do projeto a fim de esclarecer quaisquer dúvidas e, ao final disso, fez a seleção dos sujeitos que fizeram parte da aplicação dos instrumentos.

Foram excluídos da amostra os indivíduos que atenderam aos seguintes critérios:

1. Indivíduos que estejam em acompanhamento psicológico;

2. Indivíduos que, por qualquer motivo, não compareceram no momento da aplicação dos questionários ou entrevista.

3. Alunos que foram transferidos, por qualquer motivo, para outra escola no período da aplicação dos instrumentos de coleta de dados.

7.4 PARTICIPANTES DA PESQUISA

Os sujeitos da pesquisa assumiram uma posição central na investigação científica, uma vez que constituem as principais fontes de coleta de dados e informações. No escopo deste projeto, os participantes selecionados para análise consistiram nos discentes da instituição de ensino Escola Estadual de Tempo Integral Professor Manuel Vicente Ferreira Lima, situada no município de Coari/AM. Tal escolha parte de o critério do pesquisador ser professor concursado da referida instituição. E sendo professor das turmas do 1º ano do ensino médio, onde a sequência didática foi aplicada.

O estudo foi desenvolvido em uma escola pública da rede Estadual de Ensino no município de Coari/AM, Escola Estadual de Tempo Integral Professor Manuel Vicente Ferreira. A coleta de dados foi feita por meio de um trabalho de campo que foi desenvolvido em duas turmas de 1° ano do Ensino Médio da referida escola, totalizando um universo de 60 alunos. Numa turma foi aplicado a sequência didática, no caso o 1º ano 3 e a outra turma foi repassado o conteúdo com aulas tradicionais sem o auxílio de ferramenta pedagógica. Vale ressaltar que esse trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, nº 6.764.725, datado do dia 15 de abril de 2024.

7.5 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Baseando-se em Gil (2017), as técnicas de coleta de dados desempenharam um papel fundamental no levantamento da pesquisa. O uso do questionário destacou-se por sua eficiência, economia e capacidade de assegurar o anonimato dos respondentes. Sua utilização foi neste trabalho e é frequente em diversos contextos de pesquisa devido à sua aplicabilidade a diferentes segmentos da população e à facilidade na coleta de dados quantitativos e qualitativos.

O instrumento de coleta de dados assumiu um caráter preponderante no desenvolvimento da pesquisa, constituindo o veículo central para a obtenção das informações necessárias à abordagem das questões de pesquisa. No desenvolvimento deste projeto, o instrumento de coleta de dados foi representado pelos questionários supramencionados, que foram meticulosamente delineados de modo a abarcar aspectos tanto objetivos quanto subjetivos vinculados ao conhecimento já trazido pelo aluno e por suas vivências no universo escolar.

Previamente à sua aplicação, os questionários foram submetidos a análise ética pelo Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, com o intuito de assegurar que a condução do estudo estivesse em consonância com os padrões éticos vigentes, bem como em respeito aos direitos

e à dignidade dos participantes. Uma vez que, de acordo com a Resolução nº 466/12 e a Resolução n. 510/16.

Inicialmente, os organizadores prévios foram implementados por meio da aplicação do questionário diagnóstico, com o intuito de acessar os conhecimentos prévios dos alunos e promover a ativação dos subsunçores relevantes no processo cognitivo. Essa etapa foi fundamental para o diagnóstico de concepções alternativas, lacunas conceituais e saberes espontâneos, os quais serviram como arcabouço para os novos conteúdos a serem introduzidos. Além disso, os organizadores prévios assumiram a forma de materiais introdutórios contextualizados e explanações iniciais que anteciparam, de modo geral e significativo, os conceitos-chave a serem aprofundados nas etapas posteriores da sequência didática.

A diferenciação progressiva foi efetivada por meio da estruturação gradual do conteúdo ao longo da sequência de atividades, respeitando uma progressão conceitual do mais geral para o mais específico. As aulas foram organizadas de modo que os novos conhecimentos fossem progressivamente absolvidos à estrutura cognitiva dos alunos, por meio de tarefas interconectadas e em crescente nível de complexidade. Essa estratégia procurou promover a expansão sistemática dos esquemas conceituais dos estudantes, garantindo que cada novo conceito fosse compreendido em relação aos anteriores, evitando a aprendizagem meramente mecânica.

Por fim, a reconciliação integradora foi operacionalizada através da realização de experimentos práticos — como o uso do Viscosímetro de Stokes em conjunto com o software *Tracker*, e de atividades de simulação computacional. Essas práticas permitiram aos alunos estabelecer conexões entre os conceitos teóricos abordados e as observações empíricas obtidas no contexto experimental, favorecendo a superação de conflitos conceituais e a reorganização significativa dos saberes. A articulação entre teoria e prática proporcionou a síntese entre os elementos novos e os conhecimentos prévios, consolidando uma aprendizagem mais robusta e funcional.

Desse modo, a operacionalização dos pilares ausubelianos não se deu de forma isolada, mas integrada às dinâmicas investigativas e problematizadas do PBL e do Ensino por Investigação, constituindo um ambiente de aprendizado que favorece tanto a construção ativa do conhecimento quanto o desenvolvimento de competências cognitivas e epistêmicas no ensino de Física.

7.6 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Uma vez autorizada a coleta, todos os participantes foram devidamente orientados por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE quanto aos objetivos do trabalho, permitindo que decidissem sobre sua adesão. No mesmo documento, foram fornecidas garantias quanto ao anonimato durante toda a pesquisa, em caso de divulgação futura dos resultados.

Nos meses iniciais do projeto, foi desenvolvido um questionário compreensivo, composto por questões objetivas para os alunos e discursivas, a fim de coletar dados quantitativos e qualitativos relacionados à percepção de alunos sobre o conhecimento que esse aluno já tem antes da aplicação da sequência didática. E posteriormente a aplicação do referido projeto. Em seguida temos o questionário utilizado nas duas turmas para extrair os dados necessário para análise.

Questionário

1. Para você o que são fluidos?
2. Porque quando jogamos uma esfera de aço e um isopor na água, a esfera afunda e o isopor flutua?
3. O que você entende por pressão hidrostática?
4. Para você, quanto mais fundo uma esfera se encontra da superfície a pressão tende a aumentar ou diminuir?
5. O que você entende por viscosidade?
6. Quando um objeto arremessado em um lago afunda cada vez mais na água, a força de empuxo exercida sobre ele aumenta ou diminui?
7. Dois blocos sólidos de tamanhos idênticos são submersos em água. Um deles é de chumbo, e o outro de alumínio. Sobre qual dos dois corpos a força de empuxo é maior?
8. Supondo que você esteja mergulhando a cinco metros (5m) de profundidade em um imenso lago, ao mesmo tempo o seu amigo está mergulhando com a mesma profundidade em uma pequena piscina, vocês dois estão submetidos a mesma pressão?

Verifica-se acima que as questões buscam analisar o quanto o aluno tem de conhecimento sobre Fluidos. E o fato de ser um questionário de perguntas discursivas, faz com que o aluno não possa responder de forma aleatória e conseguir ter acertos que poderão camuflar seu nível de entendimento sobre o conteúdo. O processo de coleta de dados dividiu-

se em duas fases primordiais. Inicialmente, antes da aplicação da sequência didática, e posteriormente a aplicação do referido projeto destinados aos discentes.

Essa etapa se revestiu de fundamental importância para a aquisição de dados diretamente junto aos participantes, garantindo, assim, a representatividade amostral. A distribuição e coleta dos questionários ocorrerá de maneira organizada e sob supervisão atenta, que zelou pela qualidade e integridade dos dados obtidos.

A análise dos dados começou assim que a aplicação dos instrumentos foi encerrada. Esses dados foram tabulados em planilhas do Excel, onde o pesquisador transcreveu todas as respostas dos alunos. Essa etapa foi necessária porque logo em seguida foi elaborado os gráficos que mostraram a quantidade de respostas corretar e incorretas. Vale citar que esse procedimento foi feito nas duas turmas usadas na dissertação.

Vale lembrar que esse questionário foi aplicado no início da utilização da sequência didática e depois no final, ou seja, quando a sequência didática foi aplicada. E esses mesmos questionários foi aplicado também duas vezes na outra turma onde foi usado somente aulas tradicionais, isto é somente o professor explicando o conteúdo no quadro branco.

CAPÍTULO 8 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

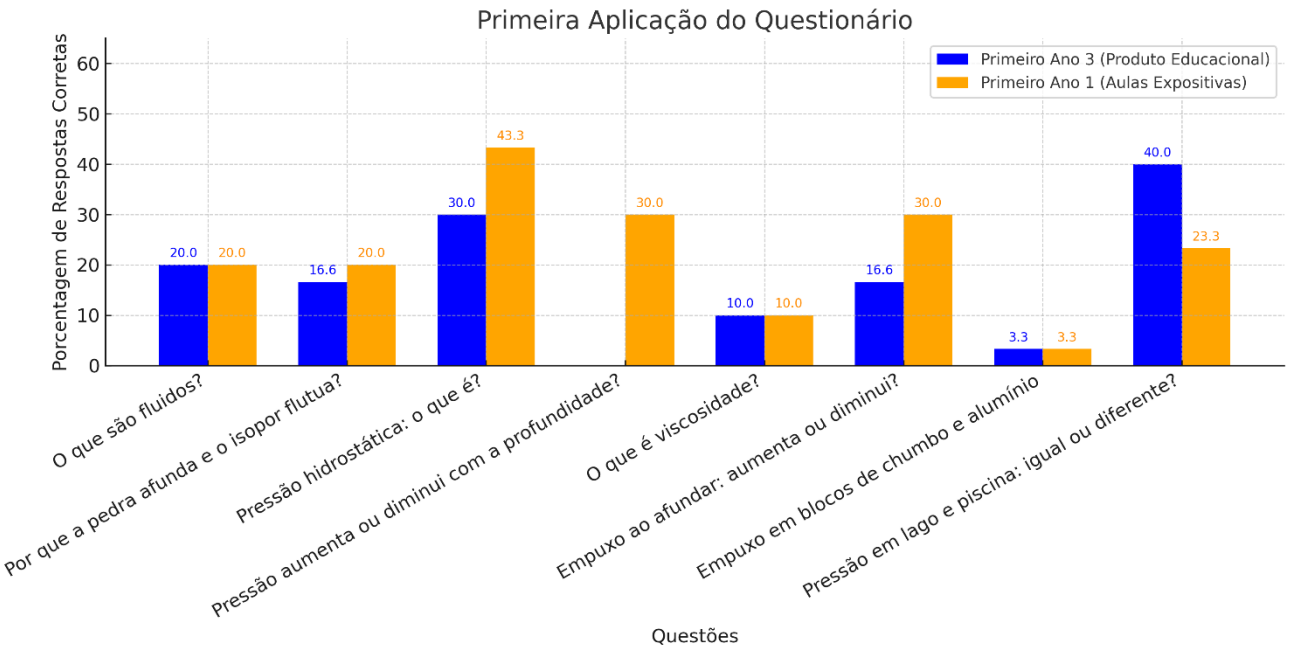
8.1 ANÁLISE DOS GRÁFICOS

Este estudo fez a comparação do desempenho de duas turmas do primeiro ano do ensino médio através de um questionário com questões sobre fluidos e viscosidade. A turma 1, primeiro ano 3 foi aplicado um produto educacional com uma metodologia inovadora, ao mesmo tempo a turma 2, primeiro ano 1, foi mantido as aulas puramente tradicionais. O foco foi verificar a eficácia da sequência didática aplicada, levando em consideração pressupostos metodológicos do MNPEF, onde privilegiou a relação entre teoria, prática e análise rigorosa de dados educacionais.

A aplicação foi em duas turmas de trinta alunos cada, da Escola Estadual de tempo Integral Professor Manuel Vicente Ferreira Lima, assegurando uma homogeneidade de contexto. No intuito de extrair os dados necessários para confeccionar os gráficos 1 e 2, o questionário foi aplicado em momentos deferentes com questões sobre densidade, viscosidade, pressão hidrostática e princípio de Arquimedes.

Os gráficos abordam uma comparação percentual de acertos entre essas duas turmas, onde a primeira aplicação, visualizada no gráfico 1, serviu como diagnóstico, e já a segunda aplicação, visualizada no gráfico 2, avaliou o impacto depois da intervenção pedagógica.

Gráfico 1 – Primeira aplicação do questionário



Fonte: O auto (2025)

Observa-se, no gráfico, uma baixa porcentagem de acertos em grande parte das questões propostas, tanto na turma onde posteriormente foi aplicado o produto educacional (Primeiro Ano 3) quanto na turma com aulas expositivas (Primeiro Ano 1). Questões fundamentais como “O que é viscosidade? ” e “Pressão aumenta ou diminui com a profundidade?” Apresentaram índices de acerto inferiores a 20% em ambas as turmas, evidenciando uma lacuna significativa na compreensão conceitual dos estudantes. Esses dados corroboram diretamente o objetivo específico 1.5.2.1, que visa analisar os problemas conceituais enfrentados pelos alunos no tocante à viscosidade e ao movimento de esferas em meios viscosos.

A comparação entre as duas turmas permite ainda inferir que a abordagem tradicional, pautada em aulas expositivas, não promoveu avanços expressivos na construção do conhecimento por parte dos alunos. Em diversas questões, como “Empuxo ao afundar: aumenta ou diminui? ”, ambas as turmas apresentaram desempenho similar (10%), o que sugere que o ensino transmissivo não é suficiente para promover a aprendizagem significativa, conforme propõe Ausubel (1968), cujos pressupostos teóricos embasam a proposta metodológica deste trabalho.

Tais resultados reforçam a pertinência do objetivo geral do estudo, que propõe o desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática baseada em um experimento de fácil acesso, o Viscosímetro de Stokes aliado ao software *Tracker*, com o intuito de favorecer a compreensão dos fenômenos físicos por meio da observação, análise e reconciliação integradora das ideias

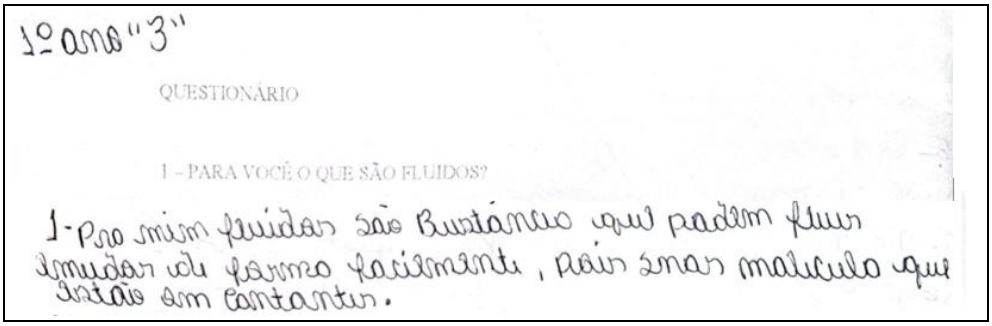
prévias com os conceitos científicos. Essa proposta metodológica alinha-se à diferenciação progressiva, ao incorporar gradualmente conceitos mais complexos, e aos organizadores prévios, ao partir do diagnóstico das concepções alternativas reveladas no questionário.

Dessa forma, os dados empíricos evidenciam a necessidade de estratégias pedagógicas mais ativas e contextualizadas, justificando a implementação do produto educacional desenvolvido nesta pesquisa. A expectativa é que a aplicação da sequência didática possibilite avanços significativos na aprendizagem dos conceitos de pressão, empuxo e viscosidade, os quais serão posteriormente avaliados na segunda aplicação do questionário, conforme previsto no objetivo específico 1.5.2.3.

A seguir, apresentam-se as respostas de alguns alunos obtidos a partir da primeira aplicação do questionário diagnóstico, realizado com duas turmas do 1º ano do ensino médio: uma que receberá a intervenção pedagógica por meio da sequência didática proposta (Primeiro Ano 3) e outra que seguiu com o ensino tradicional baseado em aulas expositivas (Primeiro Ano 1). O questionário foi elaborado com o intuito de investigar os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos principais conceitos relacionados à temática dos fluidos, com ênfase na viscosidade, pressão hidrostática e empuxo.

Questão 1: "O que são fluidos? "

Turma 1 (Intervenção): Aproximadamente um quinto dos alunos conceituou fluidos sendo substancias que escoam (líquidos e gases). Nesse sentido faltou aprofundamento em propriedades que conceituam os fluidos sendo também substâncias que se deformam. Nessa questão obteve-se 20% de acertos. Isso evidenciou o baixo nível de conhecimento dos alunos sobre esse conceito tão importante.


1º ano "3"

QUESTIONÁRIO

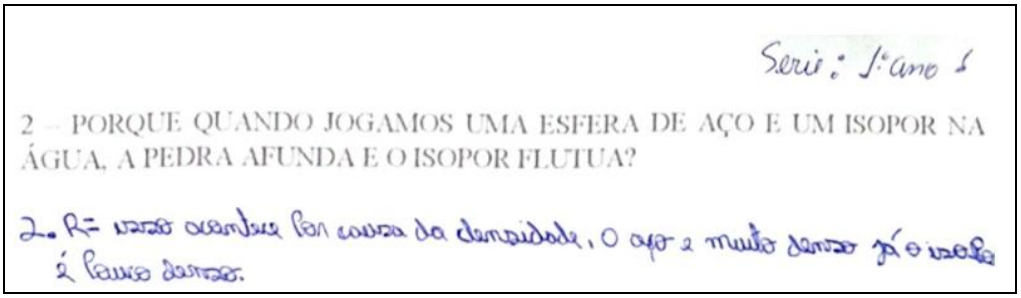
1 – PARA VOCÊ O QUE SÃO FLUIDOS?

1- Pra mim fluidos são Bustancia que podem fluir emudar de forma facilmente, pois suas malecula que estão em contantes.

Figura 14 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025)

Turma 2 (Controle): esses alunos deram definições vagas em suas respostas. A porcentagem de acertos foi igual da turma 1, mostrando que nessa turma também há um alto índice de

alunos que não tem um conhecimento mínimo sobre os conceitos de fluidos e viscosidade. Nessa questão a porcentagem de acertos foi de 20%.


Serie: 1º ano 1

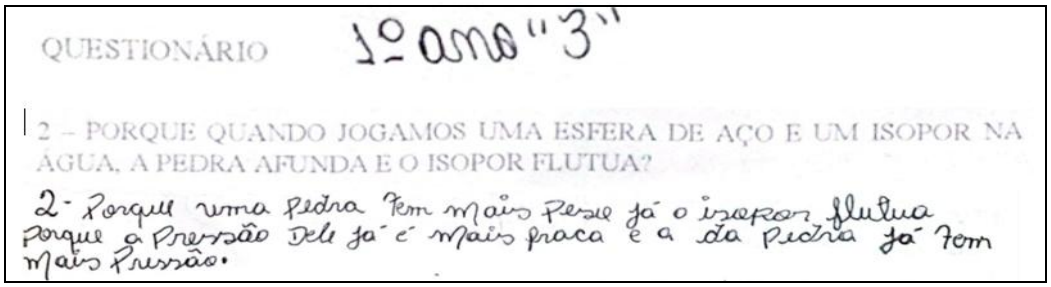
2 – PORQUE QUANDO JOGAMOS UMA ESFERA DE AÇO E UM ISOPOR NA ÁGUA, A PEDRA AFUNDA E O ISOPOR FLUTUA?

2. R= [illegible] por causa da densidade, o aço é muito denso já o isopor é pouco denso.

Figura 15 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1Fonte: O autor (2025)

Questão 2: "Porque a pedra afunda e o isopor flutua? "

Turma 1 (Intervenção): nessa turma poucos alunos relacionaram a densidade ao equilíbrio entre peso e empuxo. As respostas ficaram centralizadas em "peso da pedra", sem uma definição mínima do conceito. A porcentagem de acertos foi de 16.6%.

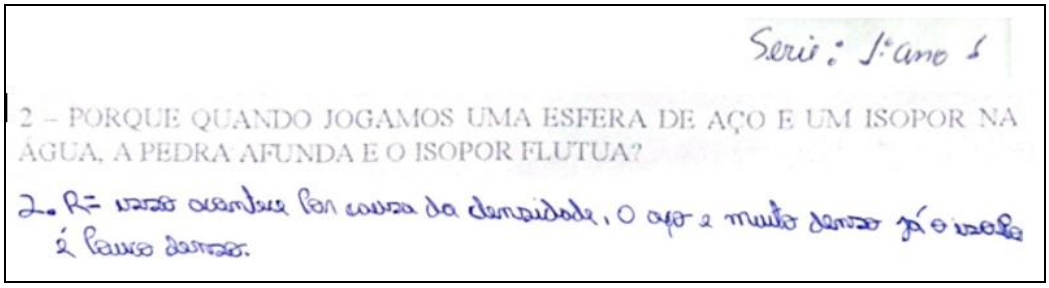

QUESTIONÁRIO 1º ano "3"

2 – PORQUE QUANDO JOGAMOS UMA ESFERA DE AÇO E UM ISOPOR NA ÁGUA, A PEDRA AFUNDA E O ISOPOR FLUTUA?

2- Porque uma pedra tem mais peso já o isopor flutua porque a pressão dele já é mais fraca e a da pedra já tem mais pressão.

Figura 16 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025)

Turma 2 (Controle): nessa turma, os alunos mostraram uma maior compreensão dos conceitos envolvidos. Os alunos conseguiram dar respostas mais completas. Porém, ainda sendo uma porcentagem que estava muito abaixo. Isso demonstrando que grande parte desses alunos desconheciam o princípio de Arquimedes. A porcentagem de respostas corretas foi de 43.3%.


Serie: 1º ano 1

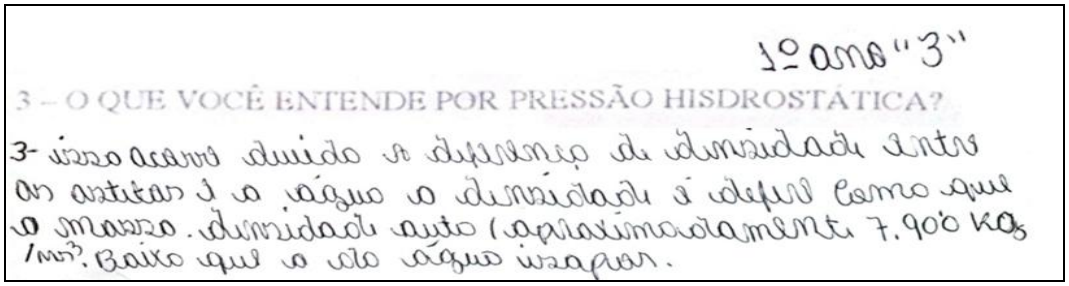
2 – PORQUE QUANDO JOGAMOS UMA ESFERA DE AÇO E UM ISOPOR NA ÁGUA, A PEDRA AFUNDA E O ISOPOR FLUTUA?

2. R= [illegible] por causa da densidade, o aço é muito denso já o isopor é pouco denso.

Figura 17 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 3: “O que é pressão hidrostática? ”

Turma 1 (Intervenção): nessa turma poucos alunos mencionaram a relação com profundidade e densidade do fluido. Uma parte mínima dos alunos conseguiram responder minimamente correto. Eles deram definições incompletas, mostrando pouco conhecimento. A porcentagem de acertos nessa questão foi de 10.0%.

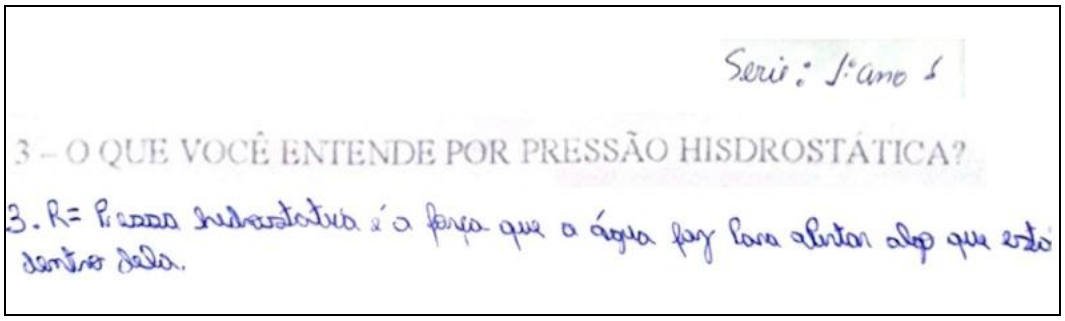

1º ano "3"

3 – O QUE VOCÊ ENTENDE POR PRESSÃO HISDROSTÁTICA?

3- isso acorre devido a diferença de densidade entre as astetas e a água a densidade é defer como que a massa. densidade auto (aproximadamente 7.900 kg /m³. Baixo que a da água isapor.

Figura 18 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): nessa turma os alunos mostraram está confuso sobre esse conceito. Eles confundiram pressão hidrostática com pressão atmosférica. Embora a porcentagem de acertos tenha sido maior em relação a turma 1, esse número ainda está muito aquém do ideal. A porcentagem de acertos foi de 30.0%.


Serie: 1º ano 1

3 – O QUE VOCÊ ENTENDE POR PRESSÃO HISDROSTÁTICA?

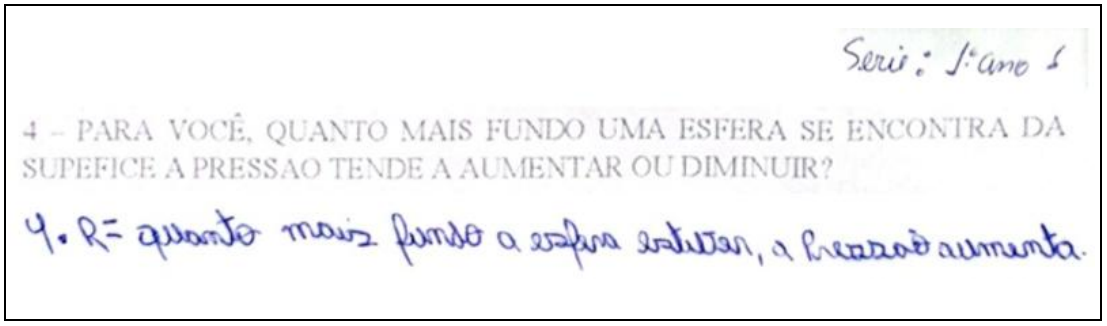
3. R= Pressão hidrostática é a força que a água faz para apertar algo que está dentro dela.

Figura 19 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 4: “A pressão aumenta ou diminui com a profundidade? ”

Turma 1 (Intervenção): nessa turma houve um aumento significativo de respostas corretas, em relação as outras questões. Porém, a maioria respondeu que aumenta, mas sem dar uma justificativa conceitual ou escrevendo a formula. A porcentagem de acertos foi de 46.6%.

Turma 2 (Controle): nessa turma houve um aumento significativo de respostas corretas, em relação as outras questões. Entretanto, as respostas foram aleatórias, deixando claro uma falta de conhecimento contextualizado. A porcentagem de acertos foi de 63.3%.


Serie: 1º ano 1

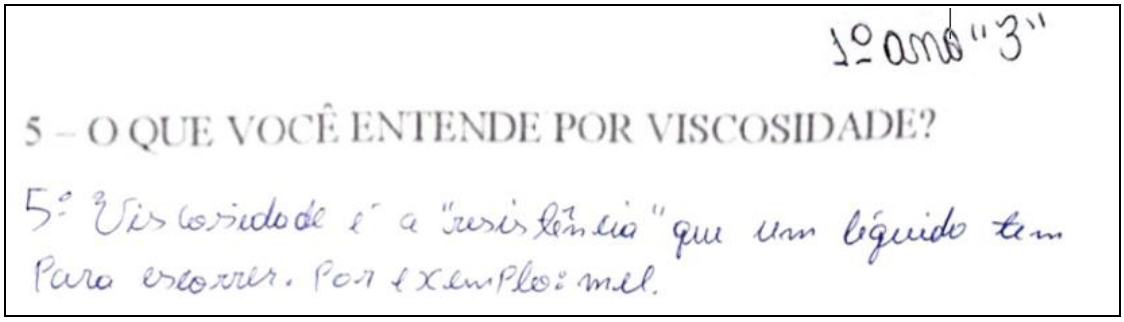
4 – PARA VOCÊ, QUANTO MAIS FUNDO UMA ESFERA SE ENCONTRA DA SUPEFICE A PRESSAO TENDE A AUMENTAR OU DIMINUIR?

4. R= quanto mais fundo a esfera estiver, a pressão aumenta.

Figura 20 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 5: "O que é Viscosidade? "

Turma 1 (Intervenção): nessa turma, os alunos deram como respostas definições confusas. Poucos alunos conseguiram responder minimamente de forma correta. A grande maioria confundiu com o conceito de densidade, mostrando pouco conhecimento prévio sobre o conceito. A porcentagem e acertos foi de 10.0%.

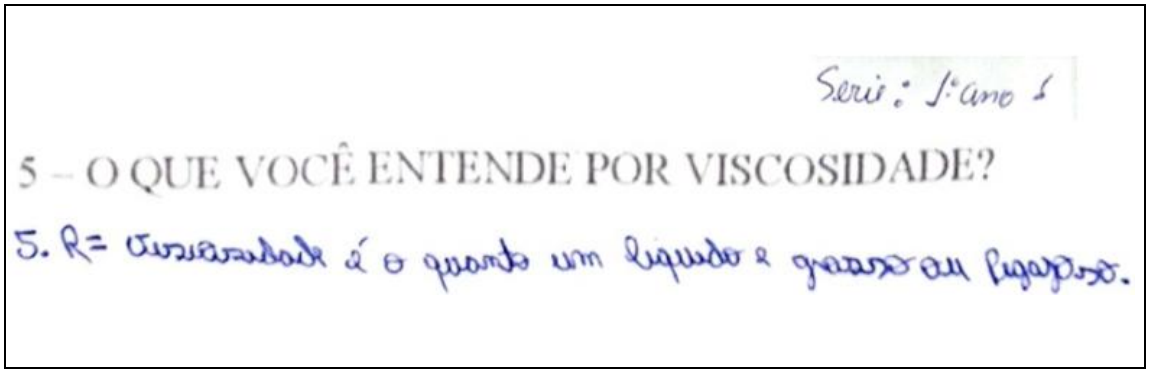

1º ano "3"

5 – O QUE VOCÊ ENTENDE POR VISCOSIDADE?

5: Viscosidade é a "resistência" que um líquido tem para escorrer. Por exemplo: mel.

Figura 21 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): nessa turma, os alunos em sua maioria deram respostas superficiais. Isso evidenciou pouco conhecimento sobre o conceito. Os alunos tentaram responder, mas não conseguiram mostrar conhecimento razoável. A porcentagem de respostas corretas foram: 10.0%.


Serie: 1º ano 1

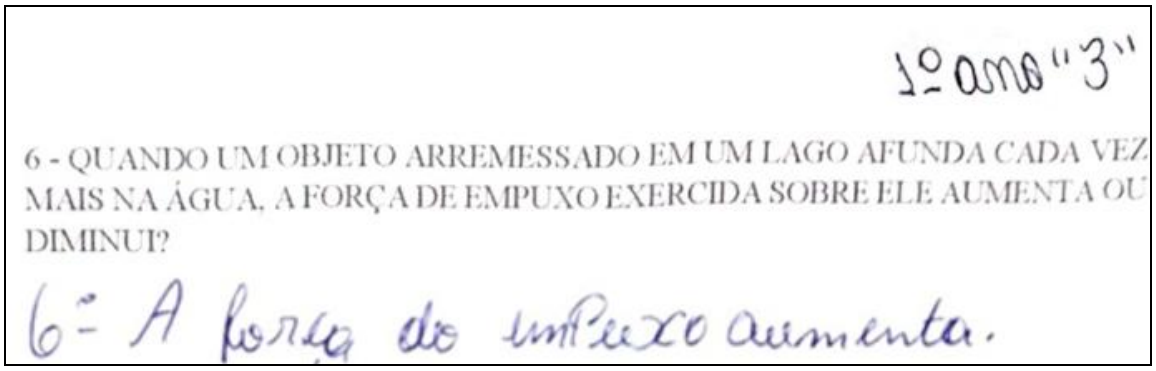
5 – O QUE VOCÊ ENTENDE POR VISCOSIDADE?

5. R= Viscosidade é o quanto um liquido é grosso ou ligeiro.

Figura 22 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 6: “Ao afundar o empuxo aumenta ou diminui? ”

Turma 1 (Intervenção): nessa turma, poucos alunos associaram suas respostas em relação a empuxo ao volume deslocado. A grande maioria respondeu que depende do material. Isso deixou claro uma confusão conceitual por parte dos alunos. A porcentagem de respostas foi de 30.0%.

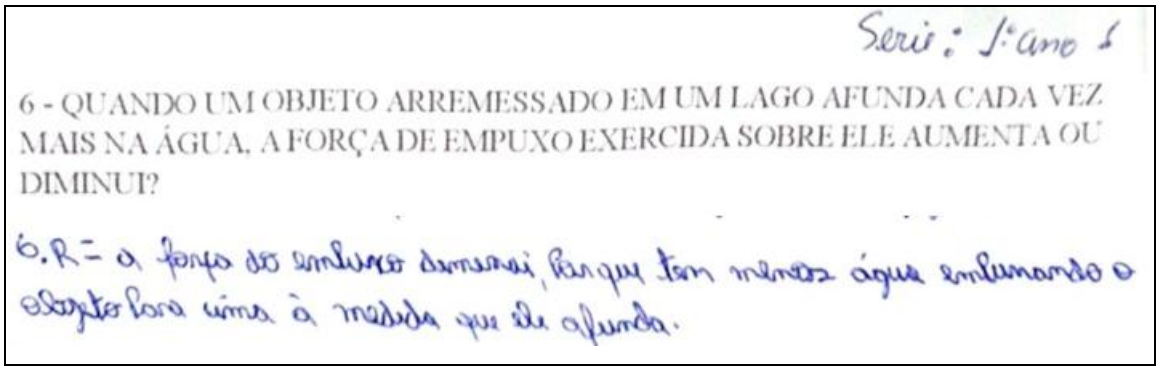

1º ano "3"

6 - QUANDO UM OBJETO ARREMESSADO EM UM LAGO AFUNDA CADA VEZ MAIS NA ÁGUA, A FORÇA DE EMPUXO EXERCIDA SOBRE ELE AUMENTA OU DIMINUI?

6 - A força do empuxo aumenta.

Figura 23 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): nessa turma ocorreu erros generalizados com respostas baseadas em intuição. Os alunos não mostraram um conhecimento mínimo sobre o conceito correto. Em sua maioria escreveram argumentos, mas sem nexo com o correto. A porcentagem de acertos foi de 16.6%.


Serie: 1º ano 1

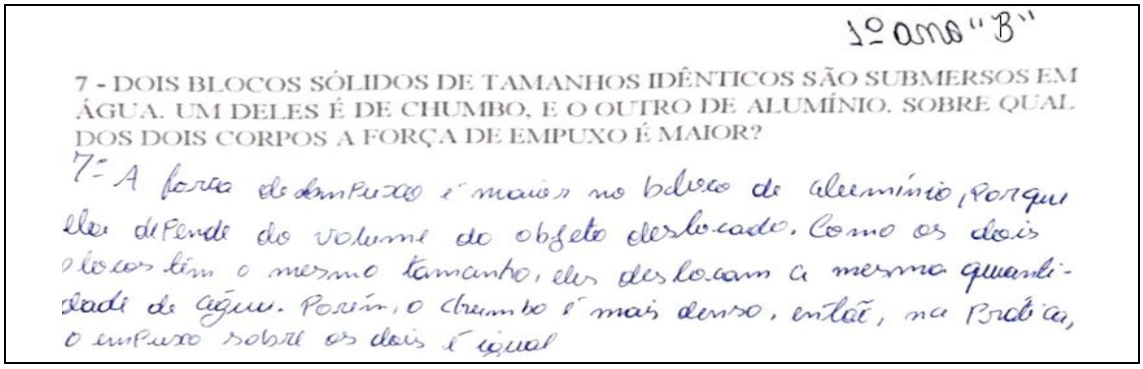
6 - QUANDO UM OBJETO ARREMESSADO EM UM LAGO AFUNDA CADA VEZ MAIS NA ÁGUA, A FORÇA DE EMPUXO EXERCIDA SOBRE ELE AUMENTA OU DIMINUI?

6.R = a força do empuxo diminui, porque tem menos água empurrando o objeto para cima à medida que ele afunda.

Figura 24 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 7: “Onde o empuxo é maior, no bloco de chumbo ou de alumínio? ”

Turma 1 (Intervenção): nessa turma, grande parte dos alunos não compreendeu que o empuxo depende do volume imerso, não do material. As respostas deixaram evidente que os alunos não trouxeram um conhecimento prévio sobre esse conceito. A porcentagem de acertos foi de 3.3%.

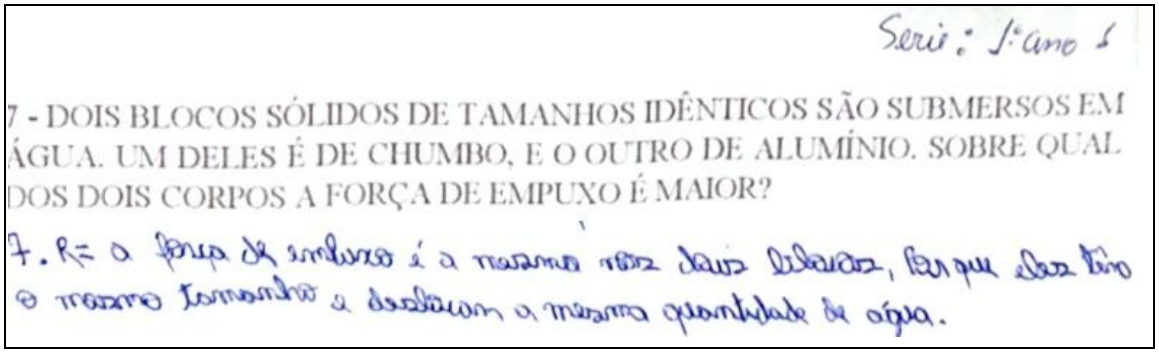

1º ano "B"

7 - DOIS BLOCOS SÓLIDOS DE TAMANHOS IDÊNTICOS SÃO SUBMERSOS EM ÁGUA. UM DELES É DE CHUMBO, E O OUTRO DE ALUMÍNIO. SOBRE QUAL DOS DOIS CORPOS A FORÇA DE EMPUXO É MAIOR?

7- A força de empuxo é maior no bloco de alumínio, porque ele depende do volume do objeto deslocado. Como os dois blocos têm o mesmo tamanho, eles deslocam a mesma quantidade de água. Porém, o chumbo é mais denso, então, na prática, o empuxo sobre os dois é igual

Figura 25 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): nessa turma, houve quase nenhum acerto, assim como na turma 1. Os alunos deram respostas totalmente sem sentido. E muitos responderam que não sabiam nada sobre os conceitos de empuxo. Isso acendeu um sinal de alerta sobre a necessidade de haver aulas que abordasse esses conceitos. A porcentagem de acertos foi de 3.3%.


Serie: 1º ano 1

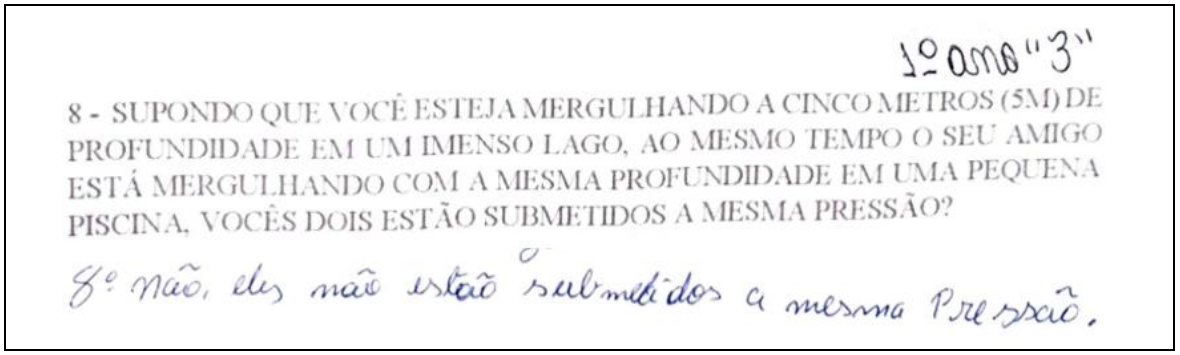
7 - DOIS BLOCOS SÓLIDOS DE TAMANHOS IDÊNTICOS SÃO SUBMERSOS EM ÁGUA. UM DELES É DE CHUMBO, E O OUTRO DE ALUMÍNIO. SOBRE QUAL DOS DOIS CORPOS A FORÇA DE EMPUXO É MAIOR?

7. R= a força de empuxo é a mesma nos dois blocos, porque eles tem o mesmo tamanho e deslocam a mesma quantidade de água.

Figura 26 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 8: "Na mesma profundidade, a pressão é igual, maior ou menor num lago ou numa piscina? "

Turma 1 (Intervenção): nessa turma, poucos alunos fizeram relação entre a pressão e a densidade do fluido. Uma parte significativa dos alunos não souberam responder minimamente correto. Deram respostas sem nexo com os conceitos ou sem embasamento cientifico. Alicerçados somente com conhecimentos populares do seu cotidiano. A porcentagem de respostas corretas foi de 40.0%.

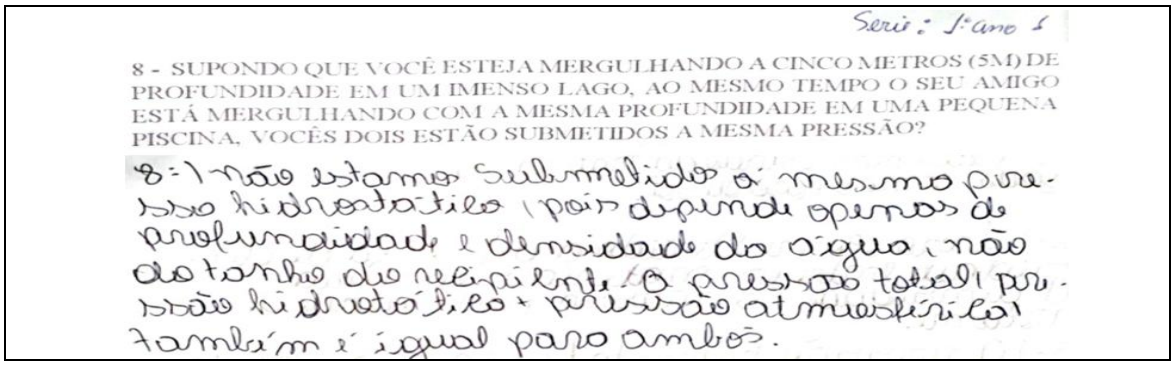

1º ano "3"

8 - SUPONDO QUE VOCÊ ESTEJA MERGULHANDO A CINCO METROS (5M) DE PROFUNDIDADE EM UM IMENSO LAGO, AO MESMO TEMPO O SEU AMIGO ESTÁ MERGULHANDO COM A MESMA PROFUNDIDADE EM UMA PEQUENA PISCINA, VOCÊS DOIS ESTÃO SUBMETIDOS A MESMA PRESSÃO?

8º não, eles não estão submetidos a mesma Pressão.

Figura 27 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): nessa turma, os alunos deram respostas aleatórias. Os argumentos usados mostraram falta de conhecimento sobre os conceitos envolvidos. A quantidade de respostas corretas nessa turma foi menor em relação a turma 1. Isso mostrou que essa turma precisava ter um olhar mais atento do professor nos conceitos envolvidos. A porcentagem de respostas foi de 23.3%.

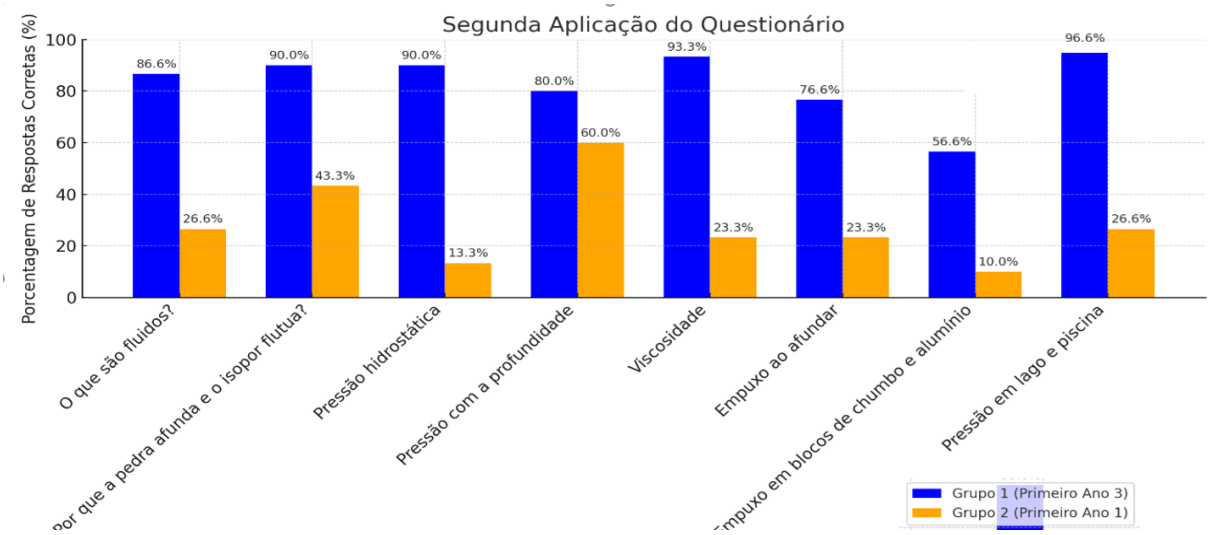

Serie: 1º ano 1

8 - SUPONDO QUE VOCÊ ESTEJA MERGULHANDO A CINCO METROS (5M) DE PROFUNDIDADE EM UM IMENSO LAGO, AO MESMO TEMPO O SEU AMIGO ESTÁ MERGULHANDO COM A MESMA PROFUNDIDADE EM UMA PEQUENA PISCINA, VOCÊS DOIS ESTÃO SUBMETIDOS A MESMA PRESSÃO?

8: Não estamos submetidos a mesma pressão hidrostática (pois depende apenas da profundidade e densidade da água, não do tamanho do recipiente. A pressão total (pressão hidrostática + pressão atmosférica) também é igual para ambos.

Figura 28 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Gráfico 2 – Segunda Aplicação do questionário



Fonte: O autor (2025)

A análise dos dados obtidos na segunda aplicação do questionário diagnóstico, mostrada no gráfico acima, destaca avanços significativos na aprendizagem conceitual dos alunos do Primeiro Ano 3 (Grupo 1), turma que foi submetida à intervenção didática proposta nesta dissertação. A comparação com os resultados da turma Primeiro Ano 1 (Grupo 2), que permaneceu em aulas tradicionais expositivas, expõe de forma clara a efetividade pedagógica do produto educacional desenvolvido, composto por uma sequência didática baseada no uso do Viscosímetro de Stokes e do software *Tracker*, conforme previsto no objetivo geral desta pesquisa.

Os dados mostram que o Grupo 1 apresentou um índice de acerto superior a 80% em praticamente todas as questões. Conceitos centrais como "O que são fluidos? ", "Pressão hidrostática", "Viscosidade" e "Pressão com a profundidade" foram compreendidos com elevada precisão (acima de 86%). Tal desempenho representa um desenvolvimento notável em relação à primeira aplicação do questionário e corrobora diretamente os objetivos específicos do trabalho. Em particular, atende-se ao objetivo de avaliar a eficácia da sequência didática na compreensão dos conceitos físicos envolvidos, demonstrando que a abordagem adotada permitiu aos alunos estabelecer relações mais significativas entre os fenômenos observados e os modelos teóricos.

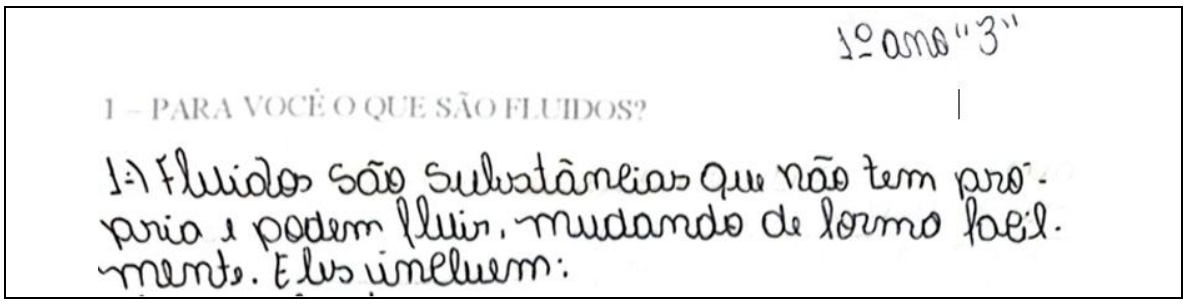
Adicionalmente, o Grupo 1 apresentou melhor desempenho em questões de maior complexidade conceitual, como "Empuxo ao afundar" e "Pressão em lago e piscina", superando os 50% de acerto, ao passo que o Grupo 2 manteve-se com baixos índices (10% a 26,6%). Tais resultados sugerem que a aplicação da sequência didática favoreceu a reconciliação integradora entre os conhecimentos prévios e os novos conceitos científicos, conforme proposto por Ausubel (1968). A exploração prática e contextualizada dos conteúdos, por meio da observação experimental e do uso de tecnologias acessíveis, possibilitou aos estudantes elaborar explicações mais consistentes, superando concepções alternativas detectadas na etapa diagnóstica, em consonância com o objetivo de propor um experimento de fácil acesso para determinação da viscosidade utilizando materiais simples.

Em contrapartida, o desempenho limitado do Grupo 2 evidencia a persistência de dificuldades conceituais na ausência de intervenções metodológicas inovadoras, como já apontado na literatura da área. Essa constatação reforça a necessidade de repensar as práticas pedagógicas no ensino de Física, especialmente em temas abstratos como a dinâmica dos fluidos.

Portanto, os resultados obtidos após a aplicação do produto educacional indicam que a proposta metodológica desenvolvida neste estudo não apenas atingiu seus objetivos, como também contribui de forma concreta para a melhoria da aprendizagem significativa dos alunos, oferecendo uma alternativa viável e eficaz ao ensino tradicional de conteúdos complexos.

Questão 1: "O que são fluidos? "

Turma 1 (Intervenção): após a execução do produto educacional, os alunos mostraram entendimento, os mesmos mostraram ter consolidado os conceitos. As respostas foram embasadas em conceitos científicos e com exemplos. A porcentagem de respostas corretas foi de 86.6%.

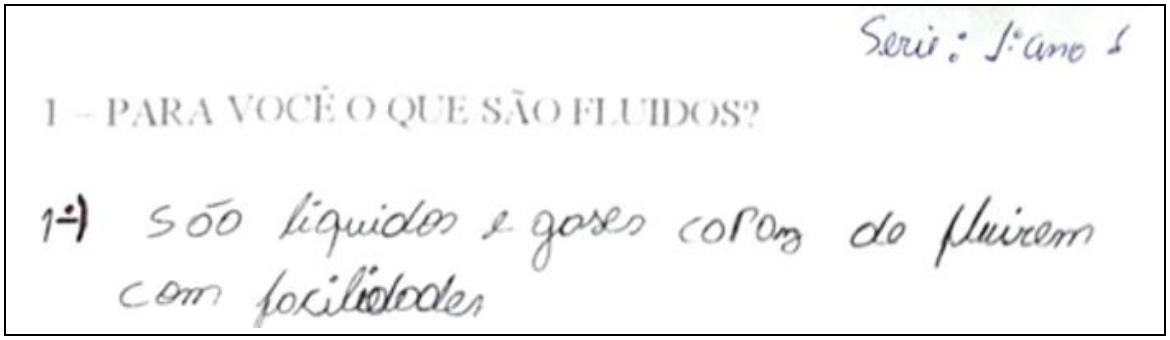

1º ano "3"

1 – PARA VOCÊ O QUE SÃO FLUIDOS?

1-) Fluidos são substâncias que não tem pró-
pria e podem fluir, mudando de forma facil-
mente. Eles incluem:

Figura 29 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): nessa turma houve uma modesta melhora, os alunos continuaram dando respostas incompletas, mostrando que ainda tinham dúvidas sobre esses conceitos. Embora tenha ocorrido um avanço na quantidade de alunos que responderam corretamente, os resultados mostraram a ineficácia de usar somente aulas onde o professor não disponibilizou de ferramentas pedagógicas. A porcentagem de respostas corretas foi de 26.6%.


Serie: 1º ano 1

1 – PARA VOCÊ O QUE SÃO FLUIDOS?

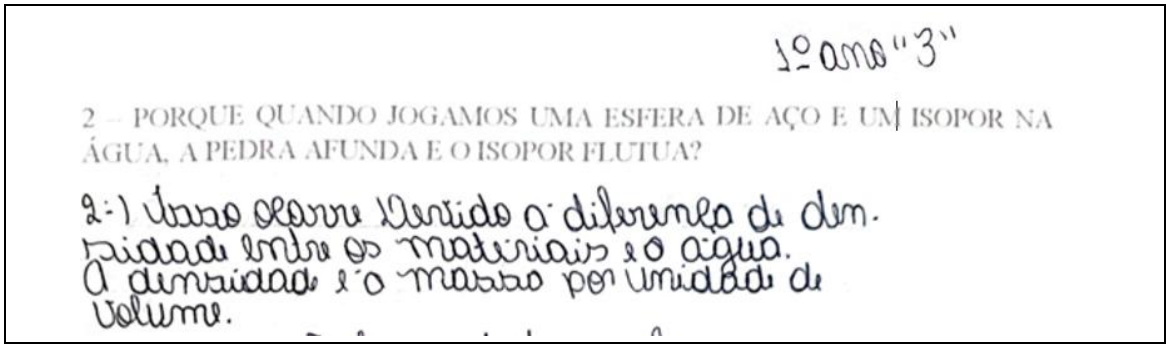
1-) são liquidos e gases coraz do fluirem
com facilidades

Figura 30 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 2: "Porque a pedra afunda e o isopor flutua? "

Turma 1 (Intervenção): nessa turma, os alunos mostraram ter compreendido o conceito envolvido. O número de resposta corretas saltou significativamente. A melhora na compreensão dos

alunos sobre os conceitos de fluidos ficou clara na resposta dos alunos. A porcentagem respostas corretas foi de 90.0%.

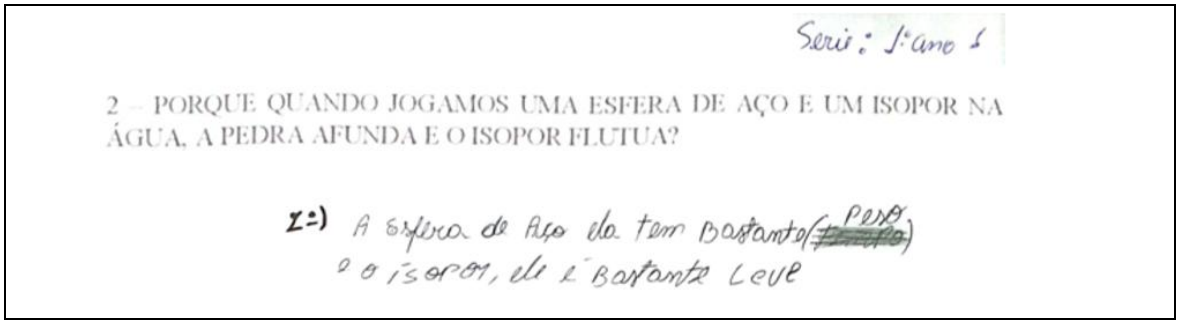

1º ano "3"

2 – PORQUE QUANDO JOGAMOS UMA ESFERA DE AÇO E UM ISOPOR NA ÁGUA, A PEDRA AFUNDA E O ISOPOR FLUTUA?

2:) Isso ocorre devido a diferença de densidade entre os materiais e a água. A densidade é a massa por unidade de volume.

Figura 31 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): nessa turma ficou evidente que somente as aulas expositivas não conseguiram passar para os alunos os conceitos envolvidos nessa questão. As aulas puramente tradicionais precisam de ferramentas para auxiliar na prática pedagógica. A porcentagem respostas corretas foi de 43.3%.


Serie: 1º ano 1

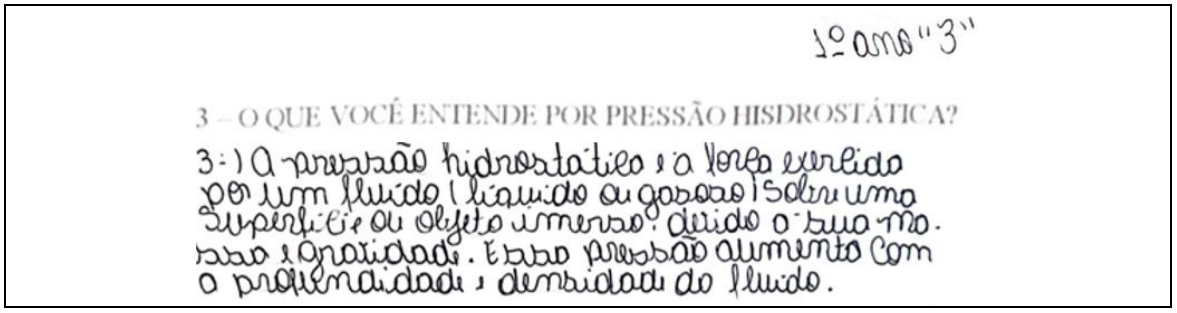
2 – PORQUE QUANDO JOGAMOS UMA ESFERA DE AÇO E UM ISOPOR NA ÁGUA, A PEDRA AFUNDA E O ISOPOR FLUTUA?

2:) A esfera de Aço ela tem bastante (Peso) e o isopor, ele é bastante leve

Figura 32 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 3: "O que é pressão hidrostática? "

Turma 1 (Intervenção): os alunos conseguiram ter um entendimento satisfatório sobre o conceito de pressão hidrostática. O aumento no número de respostas corretas foi substancial. E confirmou a eficácia dessa ferramenta para facilitara a aprendizagem e fluidos e viscosidade. A porcentagem respostas corretas foi de 90.0%.

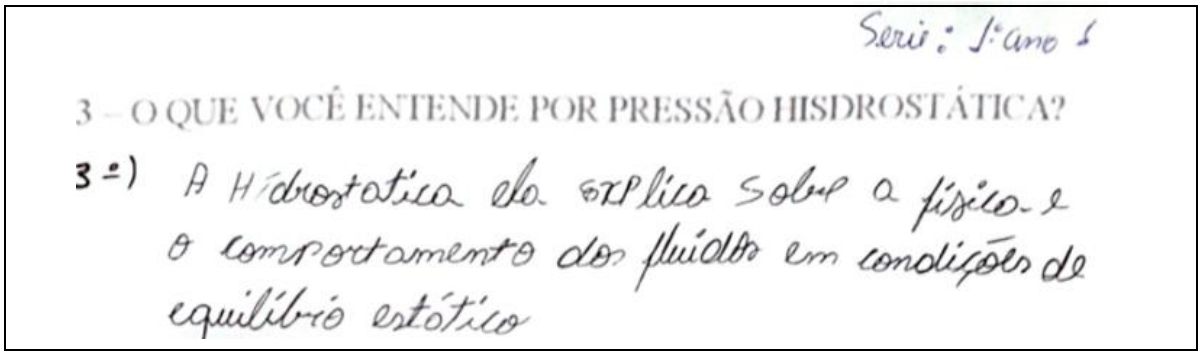

1º ano "3"

3 – O QUE VOCÊ ENTENDE POR PRESSÃO HISDROSTÁTICA?

3:) A pressão hidrostática é a força exercida por um fluido (líquido ou gasoso) sobre uma superfície ou objeto imerso, devido a sua massa e gravidade. E essa pressão aumenta com a profundidade e densidade do fluido.

Figura 33 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): nessa turma, os alunos tiveram um avanço modesto em relação ao número de respostas corretas. As expostas em sua maioria mostraram ser limitadas, sem aprofundamento científico. A quantidade de respostas corretas continuou mínima. Isso evidenciou mais uma vez a necessidade de aulas com ferramentas pedagógicas nessa turma. A porcentagem respostas corretas foi de 13.3%.


Serie: 1º ano 1

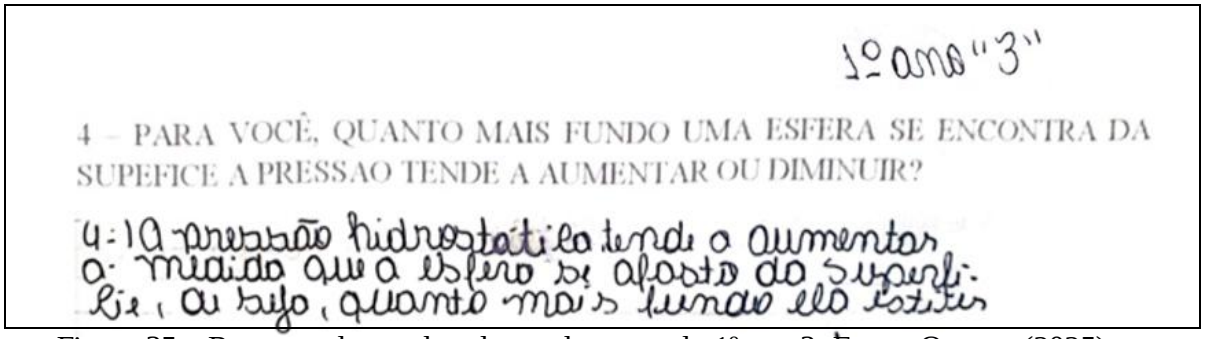
3 – O QUE VOCÊ ENTENDE POR PRESSÃO HISDROSTÁTICA?

3:) A Hidrostática ela explica sobre a física e o comportamento dos fluidos em condições de equilíbrio estático

Figura 34 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 4: "A pressão aumenta ou diminui com a profundidade? "

Turma 1 (Intervenção): Ao analisar a porcentagem de respostas dos alunos nessa questão, pode-se observar que houve um grande aumento na porcentagem de respostas corretas. Os alunos aprenderam depois da aplicação do produto educacional que a pressão aumenta com a profundidade. A porcentagem respostas corretas foi de 80.0%.

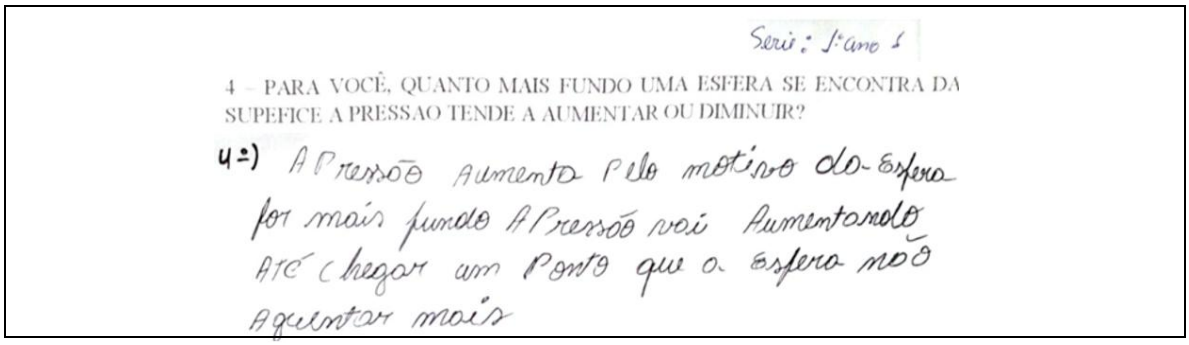

1º ano "3"

4 – PARA VOCÊ, QUANTO MAIS FUNDO UMA ESFERA SE ENCONTRA DA SUPEFICE A PRESSAO TENDE A AUMENTAR OU DIMINUIR?

4:) A pressão hidrostática tende a aumentar a medida que a esfera se afasta da superfície, ou seja, quanto mais fundo ela estiver

Figura 35 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): nessa turma as aulas teóricas não diminuíram de forma substancial as dúvidas dos alunos sobre a relação da pressão com a profundidade. As respostas mostraram ainda haver uma confusão sobre a resposta correta. A porcentagem respostas corretas foi de 60.0%.


Série: 1º ano 1

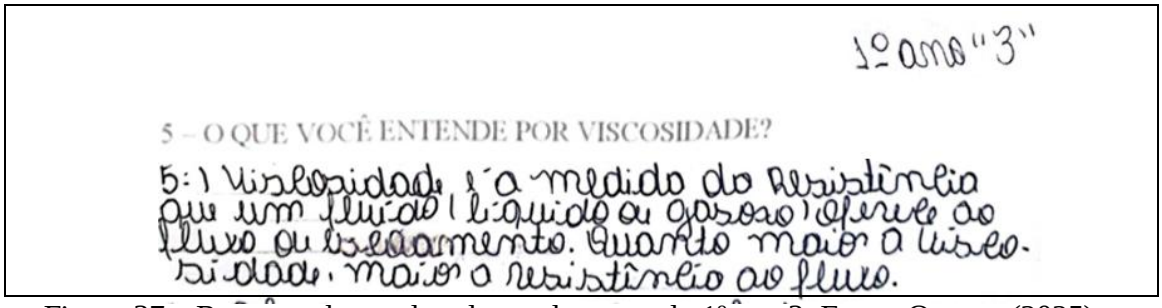
4 – PARA VOCÊ, QUANTO MAIS FUNDO UMA ESFERA SE ENCONTRA DA SUPEFICE A PRESSAO TENDE A AUMENTAR OU DIMINUIR?

4:) A Pressão Aumenta Pelo motivo da Esfera for mais fundo A Pressão vai Aumentando Até chegar um Ponto que a esfera não Aguentar mais

Figura 36 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 5: "O que é Viscosidade? "

Turma 1 (Intervenção): ao analisar as respostas dessa questão, a interpretação que se pode ter é que o produto educacional foi eficaz em seu objetivo. Os alunos conseguiram absorver os conceitos envolvidos na resposta dessa questão sobre viscosidade. A porcentagem respostas corretas foi de 93.3%.

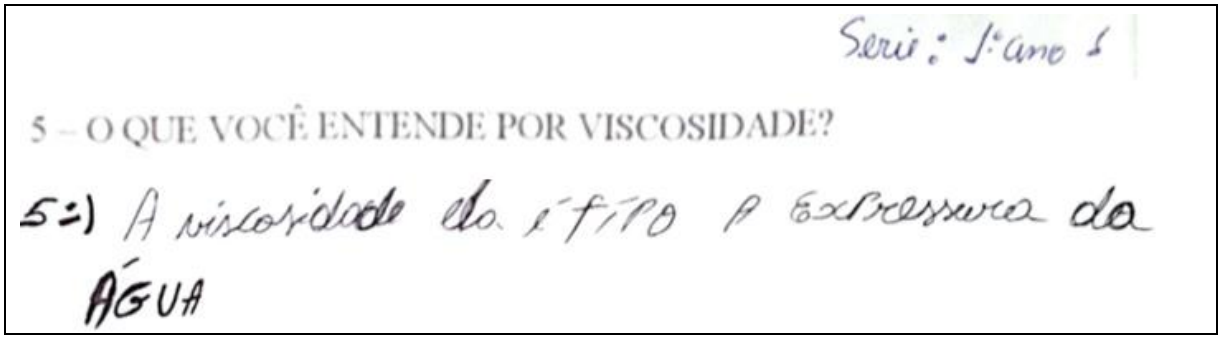

1º ano "3"

5 – O QUE VOCÊ ENTENDE POR VISCOSIDADE?

5:) Viscosidade é a medida da Resistência que um fluido (líquido ou gasoso) oferece ao fluxo ou escoamento. Quanto maior a viscosidade, maior a resistência ao fluxo.

Figura 37 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): ao fazer diagnóstico nessa turma, fica claro que as aulas expositivas falharam em tentar aprofundar os conhecimentos dos alunos sobre Viscosidade. a porcentagem de respostas continuou pequena, mesmo depois das aulas do professor. A porcentagem respostas corretas foi de 23.3%.


Serie: 1º ano 1

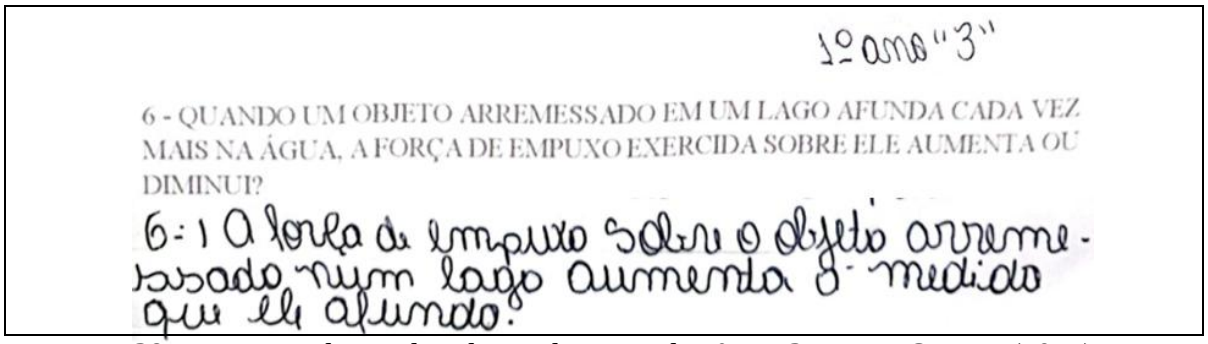
5 – O QUE VOCÊ ENTENDE POR VISCOSIDADE?

5:) A viscosidade ela é tipo a expressura da ÁGUA

Figura 38 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 6: "Ao afundar o empuxo aumenta ou diminui? "

Turma 1 (Intervenção): Ao comparar o número de respostas corretas nessa segunda aplicação em relação a primeira, mais uma vez o produto educacional mostrou ser uma ferramenta poderosa. O aumento foi elevado e as respostas dos alunos mostraram esse avanço. A porcentagem respostas corretas foi de 76.6%.

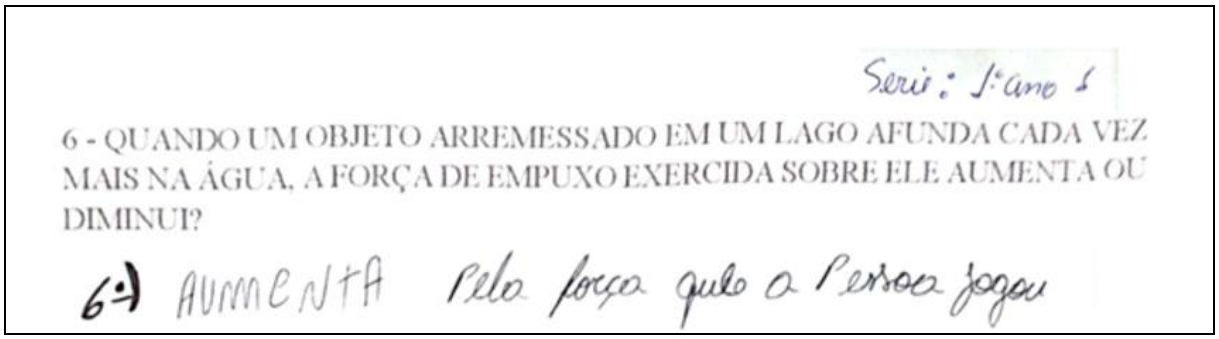

1º ano "3"

6 - QUANDO UM OBJETO ARREMESSADO EM UM LAGO AFUNDA CADA VEZ MAIS NA ÁGUA, A FORÇA DE EMPUXO EXERCIDA SOBRE ELE AUMENTA OU DIMINUI?

6:) A força de empuxo sobre o objeto arremessado num lago aumenta a medida que ele afunda.

Figura 39 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): nessa questão, os alunos novamente tiveram dificuldades em responder corretamente. As aulas expositivas sem o auxílio de uma ferramenta pedagógica não foram suficientes para fazer com que esses alunos aprendessem sobre esse conceito. A porcentagem respostas corretas foi de 23.3%.


Serie: 1º ano 1

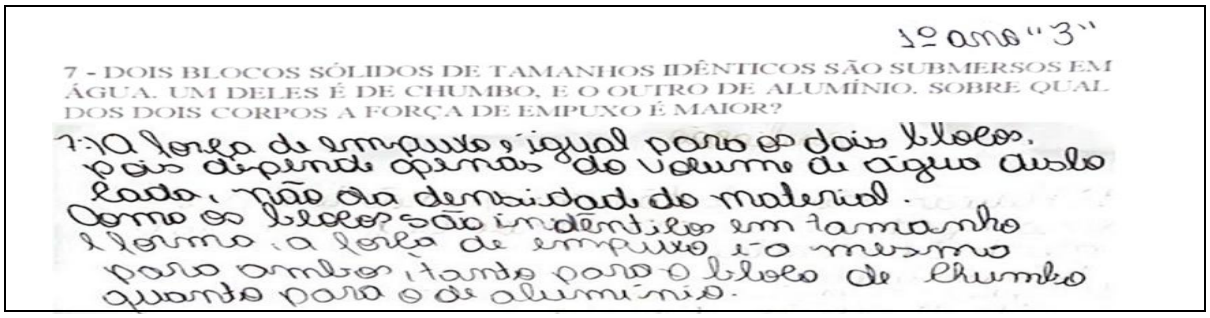
6 - QUANDO UM OBJETO ARREMESSADO EM UM LAGO AFUNDA CADA VEZ MAIS NA ÁGUA, A FORÇA DE EMPUXO EXERCIDA SOBRE ELE AUMENTA OU DIMINUI?

6:) AUMENTA Pela força que a Pessoa jogou

Figura 40 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 7: “Onde o empuxo é maior, no bloco de chumbo ou de alumínio? ”

Turma 1 (Intervenção): a aplicação do produto educacional nessa turma eliminou as dúvidas dos alunos sobre esse conceito. Ainda houve respostas incorretas e incompletas, mas a grande maioria conseguiu responder de forma correta. A porcentagem respostas corretas foi de 56.6%.

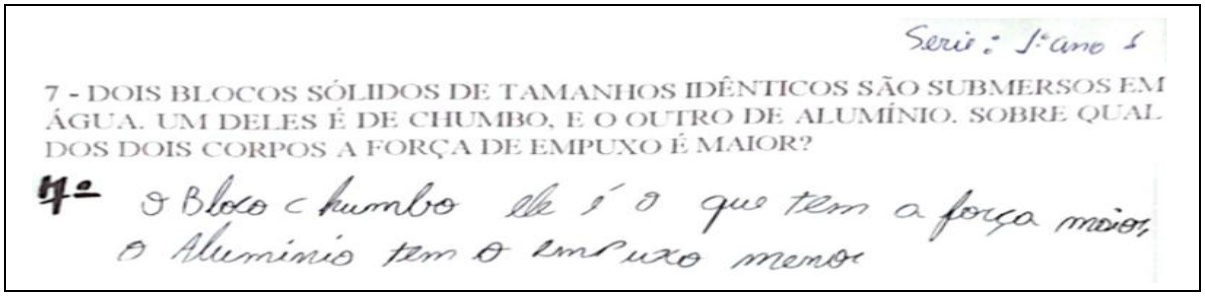

1º ano "3"

7 - DOIS BLOCOS SÓLIDOS DE TAMANHOS IDÊNTICOS SÃO SUBMERSOS EM ÁGUA. UM DELES É DE CHUMBO, E O OUTRO DE ALUMÍNIO. SOBRE QUAL DOS DOIS CORPOS A FORÇA DE EMPUXO É MAIOR?

7:A força de empuxo é igual para os dois blocos. pois depende apenas do volume de água deslocada, não da densidade do material. Como os blocos são idênticos em tamanho e forma, a força de empuxo é o mesmo para ambos, tanto para o bloco de chumbo quanto para o de alumínio.

Figura 41 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): por outro lado, nessa turma os alunos insistiram respostas baseadas no senso comum, sem nenhum nexo com o conceito envolvido. Os alunos ainda demonstraram desconhecimento ou confusão sobre como responder de forma correta. A porcentagem respostas corretas foi de 10.0%.


Serie: 1º ano 1

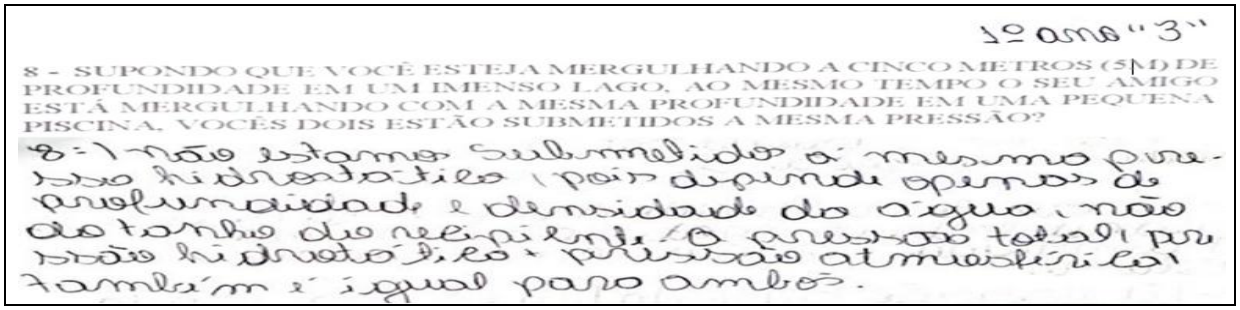
7 - DOIS BLOCOS SÓLIDOS DE TAMANHOS IDÊNTICOS SÃO SUBMERSOS EM ÁGUA. UM DELES É DE CHUMBO, E O OUTRO DE ALUMÍNIO. SOBRE QUAL DOS DOIS CORPOS A FORÇA DE EMPUXO É MAIOR?

7º O Bloco chumbo ele é o que tem a força maior, o Alumínio tem o empuxo menor

Figura 42 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025).

Questão 8: “Na mesma profundidade, a pressão é igual, maior ou menor num lago ou numa piscina? ”

Turma 1 (Intervenção): nessa questão, os alunos tiveram um desempenho que confirmou a urgência em usar o produto educacional para aprender os conceitos de fluidos de forma prazerosa e lúdica. Os alunos responderam com argumentos robustos e com uma base cientifica satisfatória. A porcentagem respostas corretas foi de 96.6%.

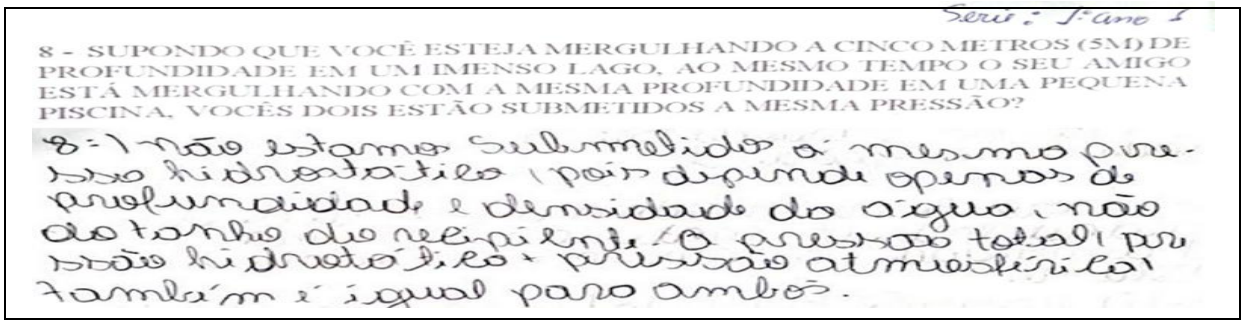

1º ano "3"

8 - SUPONDO QUE VOCÊ ESTEJA MERGULHANDO A CINCO METROS (5M) DE PROFUNDIDADE EM UM IMENSO LAGO, AO MESMO TEMPO O SEU AMIGO ESTÁ MERGULHANDO COM A MESMA PROFUNDIDADE EM UMA PEQUENA PISCINA. VOCÊS DOIS ESTÃO SUBMETIDOS A MESMA PRESSÃO?

8:) não estamos submetidos a mesma pressão hidrostática (pois depende apenas da profundidade e densidade do água, não do tanque do recipiente) A pressão total (pressão atmosférica) também é igual para ambos.

Figura 43 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 3. Fonte: O autor (2025).

Turma 2 (Controle): ao analisar essa questão 8, tem-se a prova mais que definitiva que somente aulas onde o professor não faz uso de uma ferramenta pedagógica não é suficiente para a geração atual. Os alunos não conseguem mais aprender sem serem motivados e inseridos no processo de aprendizagem. os alunos não conseguiram mostrar um avanço significativo depois dessas aulas. A porcentagem respostas corretas foi de 26.6%.


Série: 1º ano 1

8 - SUPONDO QUE VOCÊ ESTEJA MERGULHANDO A CINCO METROS (5M) DE PROFUNDIDADE EM UM IMENSO LAGO, AO MESMO TEMPO O SEU AMIGO ESTÁ MERGULHANDO COM A MESMA PROFUNDIDADE EM UMA PEQUENA PISCINA. VOCÊS DOIS ESTÃO SUBMETIDOS A MESMA PRESSÃO?

8:) não estamos submetidos a mesma pressão hidrostática (pois depende apenas da profundidade e densidade do água, não do tanque do recipiente) A pressão total (pressão atmosférica) também é igual para ambos.

Figura 44 – Resposta de um dos alunos da turma do 1º ano 1. Fonte: O autor (2025)

8.2. ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

Ao fazer uma análise sobre essas duas turmas e os gráficos, pode-se inferir que a turma 1 conseguiu ter um desenvolvimento acima de 60% em sua média. Esse número legitima de forma clara a metodologia aplicada na sala. Por outro lado, a turma 2, não conseguiu ter o mesmo desempenho. Os alunos continuaram com as dificuldades apresentadas na primeira aplicação.

A intervenção na turma 1, foi altamente eficaz, mostrando desenvolvimento significativo em todas as questões, e assim, alinhando-se as diretrizes do MNPEF. E já a turma 2, mostrou limitações mesmo depois do professor expor todo conteúdo através do ensino puramente tradicional, evidenciando a necessidade de juntar a teoria, prática e contextualização. Os gráficos mostram a necessidade de se usar metodologias ativas.

Depois dessa análise dos dois gráficos, agora é o momento de fazer a análise das respostas dos alunos em relação ao questionário. Vale lembrar que esse questionário foi aplicado duas vezes

em cada turma. E para fazer essa análise, utilizou-se a teoria de Bardin, tão usada no meio acadêmico, sobretudo em trabalho de mestrado. Sua importância é ímpar e sabendo disso, essa dissertação faz uso dessa ferramenta tão poderosa. As categorias foram divididas em três para todas as respostas. Essas categorias foram: Respostas Corretas, Respostas incompletas e respostas incorretas.

Tabela 8. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 1/ Para você o que são fluidos?

CATEGORIAS		MENÇÕES	ALUNOS
Categoria 1.	Respostas Corretas	6	9, 17, 19, 22, 25, 28
Ideia principal:	*líquidos e gases que fluem e não têm sua forma própria."*		
Exemplos de respostas:	*"Fluidos são um conjunto de líquidos e gases que fluem e não têm sua forma."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	4	13, 18, 23, 24,
Ideia principal:	São líquidos		
Exemplos de respostas:	*"Fluidos são líquidos que saem de alguma coisa."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 20, 21, 26, 27, 29, 30.
Ideia principal:	São coisas		
Exemplos de respostas:	*"Fluidos são coisas que se movem de forma constantes como as ondas da água."*		

Fonte: O autor (2025)

Ao verificar a tabela acima, nota-se que apenas alunos (cerca de 14% do total) demonstraram um aprendizado correto e razoável do que são fluidos, incluindo a ideia de que fluidos são substâncias que podem fluir e se deformar, levando em consideração tanto líquidos quanto gases. Paralelamente, quatro alunos (cerca de 11% do total) relacionaram fluidos apenas a líquidos, esquecendo que gases também são fluidos. E consequentemente sendo respostas incompletas.

Isso mostra uma deficiência sobre os conceitos. E para afirmar mais isso, vinte alunos (cerca de 80% do total) deram respostas erradas, sem nenhum nexo para definir fluidos, como "coisas que influenciam a vida" ou "coisas que fluem se estiverem certas". Isso evidencia que eles não tiveram acesso a esses conceitos científicos. E esse alto número de porcentagem de erros exige uma ferramenta pedagógicas para auxiliar nas aulas tradicionais do professor.

Tabela 9. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) - Questão 2/ Porque quando jogamos uma esfera de aço e um isopor na água, a pedra afunda e o isopor flutua?

CATEGORIAS		MENÇÕES	ALUNOS
Categoria 1.	Respostas Corretas	12	2, 6, 9, 11, 14, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 27
Ideia principal:	densidade como a razão pela qual a esfera de aço afunda e o isopor flutua.		
Exemplos de respostas:	*"Porque a esfera de aço tem mais densidade que o isopor."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	4	7, 8, 13, 20,
Ideia principal:	Massa ou peso dos objetos, sem mencionar densidade.		
Exemplos de respostas:	*"A esfera de aço é mais pesada que o isopor, por isso afunda."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	14	1, 3, 4, 5, 10, 12, 15, 16, 21, 25, 26, 28, 29, 30
Ideia principal:	Respostas que não tem nexo com o fenômeno físico ou que apresentam explicações incorretas.		
Exemplos de respostas:	*"Porque o isopor tem energia alta."*		

Fonte: O autor (2025)

A tabela de categorias mostrou que uma parte significativa de alunos, (20% do total) entendeu o conceito que a questão queria e respondeu corretamente a densidade como o fator principal, na qual explica por que a esfera de aço afunda e o isopor flutua. Esses alunos conseguiram ter uma compreensão do conceito de densidade, escrevendo respostas que tem relação aos parâmetros usados nessa questão.

Já a segunda categoria mostrou que a maioria dos alunos, (30% do total) fizeram uma relação em suas respostas entre a massa ou o peso como o motivo pelo qual a esfera de aço afunda e o isopor flutua. E mesmo que essa resposta não esteja totalmente incorreta, ela aborda uma compreensão incompleta do que descreve a questão.

E logo em seguida, ao analisar as respostas da tabela da questão 3, pode-se ver que embora alguns alunos tenham compreendido o conceito de pressão hidrostática, ainda há uma parcela significativa que não tem um aprendizado mínimo sobre esse conceito. A grande maioria ainda precisa ter contato com esses conceitos de forma clara e pedagógica, e assim consolidar a aprendizagem. Com isso, podemos escrever as hipóteses que serão cruciais para a interpretação desses dados.

Tabela 10. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 3/O que você entende por Pressão Hidrostática?

CATEGORIAS		MENÇÕES	ALUNOS
Categoria 1.	Respostas Corretas	5	3, 12, 15, 16, 22,
Ideia principal:	pressão exercida por um fluido em repouso devido ao peso.		
Exemplos de respostas:	*"força exercida por um fluido sobre um objeto, aumentando com a profundidade."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	5	8, 14, 28, 29, 30
Ideia principal:	Força de flutuação exercida por um fluido ou objeto imerso.		
Exemplos de respostas:	*" força em um fluido em repouso exerce sobre paredes de uma superfície."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	20	1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27
Ideia principal:	Força exercida por um objeto devido à gravidade, Pressão exercida pelo ar.		
Exemplos de respostas:	*" a pressão hidrostática é uma pressão que se forma por tubos com canos ou mangueiras."*		

Fonte: O autor (2025)

Ao analisar a tabela de menções acima, percebe-se que a categoria um (1), é a que mais teve menções, cerca de 33.3%. Os alunos conseguiram responder de forma razoável a pergunta, em relação aos parâmetros usados no questionário. Isso mostra que é um conceito que os alunos têm um certo conhecimento, onde já possibilita os alunos a entender esses conceitos.

Na categoria dois (2), os alunos mostraram ter um certo conhecimento sobre empuxo, onde fizeram relações com a pergunta. Isso indica que os alunos ainda confundem esses conceitos. Porém, a porcentagem de alunos nessa categoria foi menor, 20%. E ao verificar essas respostas, sabe-se que há diferenças entre seus conceitos. Isso sugere que haja um aprofundamento desses conceitos para que assim haja um aprendizado e não ocorra mais esse problema.

Já na categoria três (3), foi onde houve a menor porcentagem de menções, 13.3%, onde os alunos mostraram novamente confusos em diferenciar esses conceitos, confundindo pressão hidrostática com pressão atmosférica. Isso é um sinal que os alunos não têm ainda um conhecimento suficiente para saber distinguir esses conceitos.

Ao analisar a tabela de respostas dos alunos na questão 4, fica bem evidente que a maioria tem um conhecimento razoável sobre o fenômeno abordado na questão. Os alunos mostraram ter já um aprendizado sobre fluidos. E isso é importante pois já servira como base para quando o professor ensinar os alunos em sala de aula os conceitos abordados no livro didático.

No entanto, um número considerável de alunos ainda deu respostas confusas, não estando dentro dos parâmetros usados para corrigir as respostas. Isso mostra que não há ainda conhecimento suficiente para que esses alunos possam responder essa pergunta de forma minimamente correta. Isso deixa explicito a necessidade de se trabalhar esses conceitos de forma urgente para que esse problema seja resolvido. Podemos em seguida criar as hipóteses que serão fundamentais para a interpretação desses dados da questão 4.

Tabela 11. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 4/ Para você, quanto mais fundo uma esfera se encontra da superfície a pressão tende a aumentar ou diminuir?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	16	6, 9, 10, 12, 13, 15, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29, 30
Ideia principal:	A pressão aumenta quanto maior for a profundidade, conforme a física hidrostática.		
Exemplos de respostas:	*"A pressão aumenta com a profundidade."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	8	3, 4, 5, 7, 14, 16, 17, 18
Ideia principal:	O aluno não soube responder ou deu uma resposta vaga, incompleta.		
Exemplos de respostas:	*quanto mais afunda uma esfera se encontra da superfície mais elevada ela se demonstra e se alto alcança*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	6	1, 2, 8, 11, 23, 26,
Ideia principal:	A pressão diminui com o aumento da profundidade, o que é incorreto fisicamente.		
Exemplos de respostas:	*"a pressão tende a diminuir."*		

Fonte: O autor (2025)

Ao analisar a tabela de menções, fica explicito que na categoria 1, a maioria dos alunos (40%) mostrou que tem conhecimento dos conceitos envolvidos na questão. Esses alunos demonstram que já tiveram contato com essa parte que trata de fluidos, mostrando que podem responder de forma sucinta perguntas a respeito. Por ser um conceito que pode ser visualizado

mais facilmente no cotidiano, facilitou a aprendizagem dos alunos e consequentemente responder de forma correta.

Um grupo não tão menor, na categoria 2, (23,3%) respondeu incorretamente a questão, citando que a pressão diminui com a profundidade. Essas respostas mostram que esses alunos ainda confundem esse conceito e não tem o conhecimento suficiente para saber diferenciar e responder corretamente. Esses alunos fizeram uma interpretação equivocada do fenômeno que é abordado na questão.

Um terço dos alunos na categoria 3, não soube responder, dando respostas confusas, sem nexo com os parâmetros usados nessa questão (33,3. Essa categoria indica uma falta de aprendizado sobre os conceitos de fluidos envolvidos ou não capacidade de organizar seus argumentos de forma clara. do conceito ou dificuldade em articular uma resposta clara.

Ao tabular as respostas dos alunos nessa questão, mostra-se diferentes concepções sobre o conceito envolvido nessa questão. Alguns desses alunos demonstraram um entendimento claro e científico do conceito. Outros apresentaram respostas parcialmente corretas ou confusas, onde fica latente não souberam mostrar que tem algum conhecimento razoável.

Essa tabulação indica que, embora alguns alunos tenham mostrado aprendizado sobre o conceito de viscosidade, a maioria ainda precisa ter acesso a esse conteúdo de fluidos em sala de aula. A alta porcentagem de respostas incorretas ou confusas sugere que o conceito não foi ainda passado a esses alunos nas aulas sobre fluidos. Diante disso, pode-se em seguida traçar as hipóteses que serão importantes para analisar essas respostas.

Tabela 12. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 5/ O que você entende por viscosidade?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	3	4, 12, 19
Ideia principal:	A viscosidade é uma propriedade física dos fluidos que calcula a resistência ao fluxo ou ao movimento.		
Exemplos de respostas:	*"A viscosidade é uma propriedade física dos fluidos que dar a medida da resistência de um líquido no escoamento."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	5	9, 22, 24, 25, 28
Ideia principal:	A viscosidade está relacionada a algo "grudento" ou "espesso", mas sem uma definição clara ou científica.		
Exemplos de respostas:	*"Viscosidade é algo grudento."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	22	

Ideia principal:	Nunca estudou, nunca ouvir falar.		1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10,11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 26, 27, 29, 30
Exemplos de respostas:	*"Nada, ainda não ouvi falar."*		

Fonte: O autor (2025)

Ao estudar essa tabela de categorias e menções, percebe-se que na categoria 1, uma porcentagem relevante, (16,7%) desses alunos responderam corretamente, definindo a viscosidade como uma propriedade física dos fluidos que calcula a resistência ao fluxo ou ao movimento. Esses alunos deixaram claro que tem um aprendizado sobre o conceito, usando inclusive linguagem científica para expressar suas ideias.

De forma não tão clara, na categoria 2, uma porcentagem de (26,7%) deram respostas que refletiam uma noção intuitiva do conceito, mas eram respostas confusas ou incompletas. Esses alunos acabaram relacionando a viscosidade a algo como "algo grudento" ou "espesso", mas não conseguindo expressar seus argumentos de forma organizada e clara. Esses alunos indicam que muitos alunos têm uma compreensão básica do conceito, mas ainda não conseguem expressar isso de forma clara.

Ao chegar na categoria 3, a maior parte dos alunos, ou seja, (40%)**,** deram respostas completamente incorretas. Esses alunos demonstraram um déficit de aprendizado sobre o conceito. Esses alunos mostram uma lacuna significativa no entendimento sobre o conceito de fluidos abordado nessa questão, provavelmente devido à falta de acesso ao conceito ou à dificuldade em relacioná-lo a seu cotidiano.

Essa tabulação a seguir, mostra que embora uma parcela dos alunos tenha mostrado aprendizado sobre o conceito trabalhado na questão, ainda há uma maioria que não conseguiu repassar um mínimo de conhecimento em relação aos parâmetros usados para corrigir as respostas. O grande número de respostas consideradas incorretas corrobora que muitos alunos não conseguem diferenciar empuxo de outros conceitos, como pressão, ou não tem conhecimento suficiente para saber a diferença em relação a volume deslocado e a força de empuxo. Podemos assim, abordar as hipóteses a seguir para melhor compreender os dados.

Tabela 13. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 6/Quando um objeto arremessado em um lago afunda cada vez mais na água, a força de empuxo exercida sobre ele aumenta ou diminui?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	10	1, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 24, 25, 30
Ideia principal:	A força de empuxo permanece constante.		

Exemplos de respostas:	*"Permanece constante quando uma pedra é arremessada a partir do momento do ela chega na água sua pressão diminui".*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	7	8, 14, 17, 18, 19, 23, 27,
Ideia principal:	Respostas que não são claras ou que demonstram falta de compreensão do conceito.		
Exemplos de respostas:	*não porque diferente do meu amigo, a minha pressão no lago é mais elevada por conta da profundidade, enquanto ele tende ter uma pressão menos elevada*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	13	2, 4, 10, 12, 13, 15, 17, 20, 21, 22, 26, 28, 29
Ideia principal:	A força de empuxo aumenta (Respostas incorretas)		
Exemplos de respostas:	*quando um objeto é arremessado um lago e afunda cada vez mais na água, a força de empuxo exercida sobre ele aumenta*		

Fonte: O autor (2025)

A tabela de categoria e menções aborda que uma parte importante dos alunos respondeu de forma correta. Essa categoria 1, que representa, **(**33,3%) dos alunos, mostrou que tem conhecimento razoável sobre os conceitos envolvidos. Esses alunos demonstraram um aprendizado sobre o princípio de Arquimedes, que estabelece que o empuxo é proporcional ao volume de fluido deslocado pelo objeto.

Na categoria 2, onde se encontra a maioria dos alunos, 50%, respondeu incorretamente que a força de empuxo diminui com a profundidade. Essa ideia mostra uma confusão em relação ao princípio de Arquimedes e pode indicar que esses alunos não tiveram acesso aos conceitos corretos. Isso fica evidente no momento que eles confundem com outros conceitos físicos, como a pressão hidrostática.

E quando analisamos a categoria 3, uma parte importante de alunos, cerca de 16,7% não conseguiram responder ou deram respostas sem nexo com os parâmetros usados para corrigir essa questão.". Esses alunos demonstraram que precisam ter acesso a esses conceitos para assim não ter dificuldades em responder perguntas eventuais sobre esse mesmo conceito sobre fluidos.

A alta porcentagem de respostas consideradas incorretas de acordo com os parâmetros usados, (60%) dar um alerta que muitos alunos confundem empuxo com outros conceitos, como peso e densidade, ou não compreendem a relação entre o volume deslocado e a força de empuxo. E para ajudar nessa compreensão, é importante citar as hipóteses, tão importantes para essa análise de dados.

Tabela 14. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 7/Dois blocos sólidos de tamanhos idênticos são submersos em água. Um deles é de chumbo, e o outro de alumínio. Sobre qual dos dois corpos a força de empuxo é maior?

CATEGORIAS		MENÇÕES	ALUNOS
Categoria 1.	Respostas Corretas	7	2, 10, 12, 16, 21, 29, 30
Ideia principal:	A força de empuxo é a mesma para ambos os blocos, pois depende do volume deslocado e não da densidade.		
Exemplos de respostas:	*a força de empuxo é igual para ambos, pois depende do volume, não da densidade*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	2	1, 8,
Ideia principal:	A força de empuxo não diminui porque é submersa.		
Exemplos de respostas:	*Sobre esses dois blocos o de chumbo é mais submerso na água*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	21	3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28
Ideia principal:	A força de empuxo é maior no bloco de chumbo porque ele é mais pesado ou tem maior densidade ou no de alumínio.		
Exemplos de respostas:	*"o de chumbo por ter mais peso",*		

Fonte: O autor (2025)

Ao descrever a tabela acima na categoria, a porcentagem de menções da questão 7, reflete-se que apenas uma parte pequena dos alunos responderam corretamente, demonstrando um aprendizado insuficiente do conceito de que o empuxo é determinado pelo volume submerso e não pelo material do objeto. Esse percentual relativamente substanciado indica que a maioria dos alunos não tem conhecimento minimamente científico, de acordo com os parâmetros usados nessa questão.

De natureza igual, a categoria 3 tem a maioria das respostas, essa categoria pondera de forma clara essa deficiência dos alunos sobre o conceito envolvido. Essa ideia de que materiais menos densos geram maior empuxo deixa claro essa confusão sobre os conceitos. E mostrando que os alunos não compreenderam que o empuxo é independente da densidade do material.

Uma análise das respostas dos alunos da Questão 8, revela que uma parte significativa dos alunos conseguiu responder corretamente. Isso quando comparamos com outras questões já aplicadas. E esses alunos que responderam errado mostraram dificuldades relacionados a falta de conhecimento suficiente para responder. E quando se quantiza essas respostas ainda há uma grande maioria que não demonstra conhecimento mínimo desses conceitos de fluidos.

Tabela 15. Categorias (1º ano 3/ Primeira Aplicação) – Questão 8/ Supondo que você esteja mergulhando a cinco metros (5m) de profundidade em um imenso lago, ao mesmo tempo o seu amigo está mergulhando com a mesma profundidade em uma pequena piscina, vocês dois estão submetidos a mesma pressão?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	9	3, 7, 12, 14, 15, 17, 18, 21, 27,
Ideia principal:	Uma pressão no lago e na piscina tem o mesmo valor, estando os dois na mesma profundidade		
Exemplos de respostas:	*Sim. Porque os dois tão na água e têm a pressão igual.*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	8	1, 2, 6, 8, 9, 11, 13, 24
Ideia principal:	A pressão é diferente devido outros fatores físicos.		
Exemplos de respostas:	*Não porque um está em um canto mais natural e o outro em um lugar fechado e construído*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	13	10, 19, 23, 29, 30, 4, 5, 16, 20, 22, 25, 26, 28
Ideia principal:			
Exemplos de respostas:			

Fonte: O autor (2025)

Esses alunos mostram que não tem um aprendizado adequado sobre o conceito de pressão hidrostática. Na categoria 1, houve uma parcela de alunos que respondeu corretamente. Eles mostram entender que a pressão não é dependente do corpo d'água, pela densidade de água ou pela área coberta de água. Esse grupo representa cerca de uma parcela minoritária dos alunos**.** O que indica que uma parte significativa não sabe o conceito abordado.

A categoria 2 foi a categoria que representou o número de menções dos que não conseguiram dar respostas conclusivas. Suas respostas demonstram que os mesmos não têm um conhecimento básico sobre os conceitos de fluidos envolvidos. Fica evidente que suas respostas tem uma visão comum do fenômeno, e não tendo relação com os princípios científicos.

E quando verificamos a categoria 3, esses alunos deram respostas sem nenhum nexo com os parâmetros usados nesse questionário. Suas respostas representam a maioria dos alunos. Isso desperta uma preocupação pelo fato de não ter nenhum embasamento cientifico sobre os conceitos de fluidos. Demonstram um conhecimento de senso comum que fogem do que se espera.

Alguns alunos escreveram uma boa definição sobre fluidos, os mesmos escreveram fluidos como substâncias que tem facilidade em fluir e assumem a forma do recipiente, incluindo e gases. Alguns alunos têm uma compreensão clara e correta da ideia de conteúdo.

Agora, vamos analisar as respostas dos alunos da turma do primeiro ano 1. Essas respostas mostram o nível de conhecimento desses alunos. Essa primeira aplicação explica de onde o professor inicia a explicação do conteúdo. E como o professor deve preparar suas aulas expositiva, e sem uma ferramenta pedagógica.

Tabela 16. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) – Questão 1/ Para você o que são fluidos?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	6	4, 5, 8, 15, 23, 27,
Ideia principal:	Fluidos são substâncias que assumem uma forma do recipiente		
Exemplos de respostas:	*"Fluidos sãos líquidos que se deforma continuamente quando aplicado uma força."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	4	16, 20, 24, 25,
Ideia principal:	Fluidos são líquidos como a água líquida.		
Exemplos de respostas:	*"Fluidos são aqueles que evaporam com facilidade".*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	20	1, 2, 6, 7, 9, 10, 14, 17, 21, 22, 26, 3, 11, 12, 13, 18, 19, 28, 29, 30
Ideia principal:	Respostas equivocadas sobre o que são fluidos.		
Exemplos de respostas:	*" fluido eu acho que é algum tipo de objeto."*		

Fonte: O autor (2025)

Os alunos da categoria 1 mostraram que tem uma compreensão clara e correta do conceito de fluidos. Suas respostas evidenciam que há um conhecimento sobre o que se espera de um aluno do primeiro ano do ensino médio. Porém, são uma fatia mínima da turma. Isso acendeu um sinal de alerta do quanto esses alunos não tem um conhecimento mínimo sobre fluidos.

Por outro lado, os alunos da categoria 2, tem uma visão limitada, associando fluidos a líquidos apenas. Essas respostas não entram como corretas pelo fato de não explicar de forma clara o conceito envolvido. Mas já mostram um mínimo de entendimento, fazendo com que estejam já num estágio maior de aprendizagem.

E na categoria 3, estão os alunos que responderam incorretamente. Sendo a grande maioria da turma, evidencia que esse grupo de alunos precisam de muito empenho do professor. E pelo fato de não ter uma ferramenta pedagógica, torna a tarefa do professor ainda mais difícil.

Nesse momento analisando a questão 2, onde se indaga por que a esfera de aço afunda e o isopor flutua na água, uma porcentagem dos alunos mencionaram a força de empuxo em suas respostas. Eles argumentaram que o isopor flutua porque a força de empuxo (a força que a água exerce para cima sobre o objeto) é maior que o peso do isopor. Por outro lado, no caso da esfera de aço, o contrário ocorre: o peso da esfera é maior que a força de empuxo, fazendo com que ela afunde.

Isso deixa claro que alguns alunos têm uma compreensão mais aprofundada do fenômeno, pois não se limitam apenas a mencionar a densidade (que é um conceito importante), mas ainda relacionam o comportamento dos objetos ao princípio de Arquimedes. Esse princípio esclarece que a força de empuxo depende do volume do fluido deslocado pelo objeto e da densidade do fluido. Sendo assim formuladas as seguintes hipóteses:

E a minoria dos alunos entendeu que a diferença entre afundar ou não está relacionada à densidade. Eles argumentam que a esfera de aço afunda porque é mais pesada que a água. Por outro lado, o isopor flutua porque é menos pesado que a água. Isso mostra que o conceito de densidade ainda não foi bem compreendido pela maioria dos alunos. Densidade é uma propriedade dos materiais que relaciona a massa de um objeto ao volume que ele ocupa. Quando um objeto é mais denso que a água, ele afunda; quando é menos denso, ele flutua.

Tabela 17. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 2/ Porque quando jogamos uma esfera de aço e um isopor na água, a esfera afunda e o isopor flutua?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	13	2, 3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 18, 21, 23,
Ideia principal:	A densidade do aço é maior então ele afunda		
Exemplos de respostas:	*"A da esfera de aço é maior do que a da água, o isopor é menos denso."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	14	1, 4, 5, 7, 14, 15, 16, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27
Ideia principal:	A pedra desce com muita facilidade na água por causa do peso		
Exemplos de respostas:	*acredito que a esfera de aço é mais pesada que o isopor, a pedra desce com muita facilidade*		

Categoria 3.	Respostas Incorretas	3	28, 29, 30
Ideia principal:	Não sei		
Exemplos de respostas:	*não sei*		

Fonte: O autor (2025)

Fica evidente que a maioria dos alunos mostrou que tem pouco entendimento sobre a pergunta do questionário. É uma pergunta que mostra um fenômeno que pode ser visualizado em algum momento da vida desses alunos. Assim ficando mais fácil fazer essa relação com o cotidiano e consequentemente tendo mais facilidade de compreender o fenômeno e os conceitos de física envolvidos.

A tabela acima mostra que um número significativo de alunos teve dificuldade em explicar o que é pressão hidrostática. De forma não tão diferente, houve alunos também que demonstraram ter nenhum conhecimento sobre os conceitos envolvidos. Paralelamente muitos alunos também responderam de forma confusa, não tendo nexo com um conceito razoavelmente aceitável.

Tabela 18. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 3/ O que você entende por pressão hidrostática?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	8	3, 5, 6, 9, 11, 21, 22, 23,
Ideia principal:	A pressão hidrostática é causada pelo peso da coluna de fluido em repouso sobre um objeto.		
Exemplos de respostas:	*"Uma pressão hidrostática é a pressão exercida por uma coluna de fluido em repouso em cima de um objeto."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	15	1, 2, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 24, 25
Ideia principal:	Pressão causada por excesso de força ou peso, água		
Exemplos de respostas:	*pressão hidrostática é a pressão exercida por um fluido em repouso devido a força da gravidade*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	7	18, 20, 26, 27, 28, 29, 30
Ideia principal:	Não sei, não tenho conhecimento		
Exemplos de respostas:	*eu não tenho o conhecimento sobre isso*		

Fonte: O autor (2025)

Ao analisar essa tabela, dar para observar que a maioria dos alunos não conseguiu mostrar que tem um entendimento básico do conceito de pressão hidrostática, fazendo de forma

razoável uma relação entre o peso do fluido, pressão e profundidade. Essas respostas quando analisadas pelos parâmetros para corrigir as respostas corretas, não podem ser corretas por ter uma linha de raciocínio incompleta com a definição científica, embora com um nível ainda pequeno de precisão.

Por outro lado, tem-se um número significativo de alunos que embora seja a minoria, ainda demonstrou conhecimento sobre o conceito de pressão hidrostática de forma razoável. Alguns desses alunos definiram o conceito de forma razoável. E demonstrado que já tiveram contato com algum conhecimento relacionado a fluidos.

Isso demonstra uma divisão clara entre aqueles que compreendem o conceito de pressão hidrostática mesmo que de forma mínima e aqueles que não tem um entendimento mínimo desse conceito. Essa divisão nos mostra que o conceito de pressão hidrostática ainda não chegou em todos os alunos, indicando a necessidade de o professor trabalhar esses conceitos na sala.

Vale lembrar que a tabela acima teve como objetivo verificar o entendimento dos alunos sobre a relação entre pressão e profundidade em um fluido. E as respostas mostraram que a maioria dos alunos compreende o conceito básico de que a pressão aumenta com a profundidade. Entretanto, ainda há uma parte significativa dos alunos que demonstra falta de entendimento ou fornece respostas confusas.

Tabela 19. Categoria (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 4/ Para você, quanto mais fundo uma esfera se encontra da superfície a pressão tende a aumentar ou diminuir?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	8	3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13
Ideia principal:	A pressão aumenta à medida que uma esfera afunda.		
Exemplos de respostas:	*" ela aumenta porque quanto mais fundo ela vai a pressão aumenta cada vez mais."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	3	28, 29, 30
Ideia principal:	Mais fundo for a substancia aumenta a capacidade de ela se afundar.		
Exemplos de respostas:	*"quanto mais fundo for substancia aumento na capacidade de ela se afundar. "*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	19	1, 2, 4, 5, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27
Ideia principal:	Tende a diminuir		
Exemplos de respostas:	*"para mim tende a diminuir. "*		

Fonte: O autor (2025)

Ao verificar essa tabela, pode-se ver que a grande maioria dos alunos demonstrou não ter um conhecimento razoável sobre a pressão e a profundidade. Esses alunos não responderam minimamente correto, e isso mostra que esses alunos não têm esse conhecimento básico. Esses conhecimentos básicos que servirão como base no momento de aprender de forma mais aprofundada os conceitos de fluidos.

Por outro lado, uma parte dos alunos ainda acabaram respondendo incorretamente. E acabaram se equivocando ao responder que a pressão diminui ao invés de aumentar. Isso mostra que esses alunos ainda tem um conceito mínimo sobre esse assunto, mas que a base que mostram pode servir de ancoragem na hora do professor colocar o aluno em contato com esse conteúdo.

Ao analisar a respostas dos alunos nessa questão, ficou claro que a grande maioria não tem um nível de aprendizado mínimo sobre os conceitos de viscosidade, e muitas vezes forneceram respostas confusas e imprecisas. Nisso, uma pequena parte conseguiu responder corretamente e associando a viscosidade como a resistência ao escoamento.

Tabela 20. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 5/ O que você entende por viscosidade?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	3	11, 13, 20,
Ideia principal:	Viscosidade está relacionada à resistência de um fluido ao escoamento		
Exemplos de respostas:	*"Viscosidade é uma medida da resistência de um fluido."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	15	1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 19, 22, 24, 26
Ideia principal:	Viscosidade tem haver com algo grudento, grosso.		
Exemplos de respostas:	*" algo pegajoso."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	12	3, 5, 8, 17, 18, 21, 23, 25, 27, 28, 29, 30
Ideia principal:	Não sei		
Exemplos de respostas:	*" Não sei."*		

Fonte: O autor (2025)

Fica evidente que a grande maioria dos alunos demonstrou falta de conhecimento mínimos sobre esse conceito. Esses alunos da categoria 1 não conseguiram responder corretamente o que se pedia no questionário de acordo com os parâmetros usados para esse questionário. Por outro lado, a maioria dos alunos responderam de forma incompleta.

Forneceram respostas mínimas de acordo com os parâmetros usados para verificar as repostas corretas e erradas.

Na categoria 3, os alunos que responderam incorretamente são um número significativo. E demonstraram que não tinham um conhecimento mínimo sobre o conceito. Suas repostas não ficaram dentro dos parâmetros usados. Isso mostrou a necessidade de se trabalhar esses conteúdos de forma profunda pelo professor.

Tabela 21. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 6/ Quando um objeto arremessado em um lago afunda cada vez mais na água, a força de empuxo exercida sobre ele é constante, aumenta ou diminui?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	7	4, 8, 11, 14, 15, 18, 24,
Ideia principal:	A força de empuxo permanece constante		
Exemplos de respostas:	*"A força diminui."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	4	26, 28, 29, 30
Ideia principal:	A força de empuxo não aumenta nem diminui com a profundidade.		
Exemplos de respostas:	*"não sei."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	19	1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 27
Ideia principal:	A força de empuxo aumenta com a profundidade.		
Exemplos de respostas:	*"aumenta."*		

Fonte: O autor (2025)

Na categoria 1, uma pequena parcela conseguiu responder corretamente que a força de empuxo diminui à medida que o objeto afunda, desde que o volume deslocado pelo objeto não mude. Esses alunos mostraram que tem um conhecimento mínimo sobre o princípio de Arquimedes, onde descreve que a força de empuxo depende do volume do fluido deslocado.

Na categoria 2, os alunos mostraram um conhecimento mínimo, mas deram respostas incompletas. A análise da tabela mostra que esses alunos entendem que a força de empuxo diminui com a profundidade. Mas ainda há uma parte importante de alunos que não conseguem mostrar aprendizado sobre o conceito correto, mesmo de forma razoável.

E esses alunos estão na categoria 3, onde se encontra a grande maioria das respostas. Esses alunos mostraram uma grande dificuldade sobre o conceito de fluidos. O professor terá

um desafio para solucionar esse déficit de conhecimento dos alunos. Exigirá ainda do professor pelo fato de ser a turma onde não será usada a sequência didática.

Tabela 22. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 7/ Dois blocos sólidos de tamanhos idênticos são submersos em água. Um deles é de chumbo, e o outro de alumínio. Sobre qual dos dois corpos a força de empuxo é maior?

CATEGORIAS		MENÇÕES	ALUNOS
Categoria 1.	Respostas Corretas	3	3, 7, 19,
Ideia principal:	A força de empuxo é igual nos blocos, pois depende apenas do volume deslocado e não da densidade do material do bloco.		
Exemplos de respostas:	*"A força de empuxo é igual nos blocos."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	7	1, 6, 9, 22, 28, 29, 30
Ideia principal:	Força de Empuxo nos dois blocos		
Exemplos de respostas:	*"A força de empuxo é no bloco de alumínio, porque ele é mais leve."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	20	2, 4, 5, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27
Ideia principal:	A força de empuxo é maior no bloco de chumbo, pelo fato de associar o chumbo sendo mais denso ou mais pesado.		
Exemplos de respostas:	*"A força de empuxo é maior no bloco de chumbo, porque ele é mais pesado."*		

Fonte: O autor (2025)

A minoria dos alunos respondeu corretamente que a força de empuxo é a mesma para ambos os blocos, pois ela depende apenas do volume deslocado e da densidade do fluido, e não da densidade do material do bloco. Essas respostas evidenciam que esses alunos tem um aprendizado sobre o conceito de força de empuxo, mesmo que de forma ainda não aprofundada.

A tabela acima nos mostra que a maioria dos alunos não sabem ainda que a pressão hidrostática é a mesma em ambos os casos, levando em consideração que a profundidade e a densidade do fluido sejam iguais. Essas respostas mostram a importância de não deixar de abordar o conceito de pressão hidrostática na sala de aula.

Tabela 23. Categorias (1º ano 1/ Primeira Aplicação) - Questão 8/ Supondo que você esteja mergulhando a cinco metros (5m) de profundidade em um imenso lago, ao mesmo tempo o seu amigo está mergulhando com a mesma profundidade em uma pequena piscina, vocês dois estão submetidos a mesma pressão?

CATEGORIAS		MENÇÕES	ALUNOS
Categoria 1.	Respostas Corretas	6	1, 3, 6, 12, 14, 23,

Ideia principal:	A pressão hidrostática é a mesma (lago ou piscina) e que só depende da profundidade.		
Exemplos de respostas:	*"Sim. Porque os dois são água e tem a mesma pressão por esta na mesma profundidade".*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	4	9, 11, 20, 21,
Ideia principal:	Depende do tamanho do lago		
Exemplos de respostas:	*"a pressão não muda, mas um lago tende a ter mais pressão por ser maior que a piscina".*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	20	2, 5, 7, 8, 10, 13, 15, 16, 17, 19, 25, 26, 27, 4, 18, 22, 24, 28, 29, 30
Ideia principal:	Não depende da profundidade		
Exemplos de respostas:	*"Não. O lago tem uma densidade maior por conta do sujo e lodo, já a piscina geralmente eles limpam e ela fica fácil de mergulhar."*		

Fonte: O autor (2025)

Os alunos da categoria 1 demonstraram ter conhecimento sobre o conceito**.** Eles mesmo não tendo ainda contato com esse assunto em sala, já compreendem que a pressão é a mesma se tiver na mesma profundidade, independentemente de ser em um lago ou uma piscina. Isso mostra que esses alunos já trouxeram esse conhecimento das vivencias fora da sala de aula. E que não terão problemas em aprender de forma mais aprofundada quando o professor ensinar na sala de aula.

De forma não promissora, os alunos da categoria 2, foram os que não conseguiram dar respostas suficientemente conclusivas. Esses alunos associaram pressão hidrostática a fatores irrelevantes, como o tamanho do lago em relação a piscina**.** Alguns também mencionaram fatores relacionados a quem mergulha, como a idade, capacidade, a velocidade do mergulhador como fatores que influenciariam a o aumento ou diminuição da pressão.

E os alunos da categoria 3, representando a grande maioria, responderam incorretamente. Eles não sabem que a pressão não muda. E não souberam explicar por que isso poderia acontecer, ou outro argumento que justificasse tal respostas.

Ao analisar a tabela acima, fica claro que depois da aplicação do produto educacional os alunos conseguiram assimilar o conceito de fluidos na pergunta. O aumento do número de respostas corretas foi bastante satisfatório em relação a primeira aplicação. Ao aplicar o mesmo questionário pela segunda vez, os alunos conseguiram responder de forma correta, mostrando total aprendizado.

Tabela 24. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 1/ Para você o que são fluidos?

CATEGORIAS		MENÇÕES	ALUNOS
Categoria 1.	Respostas Corretas	28	2,3,4,5,6,7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30
Ideia principal:	São substâncias que podem escoar ou fluir		
Exemplos de respostas:	*"São líquido e gases que têm a capacidade de fluir com facilidade."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	1	1
Ideia principal:	São substancias que podem escorrer ou fluir como líquidos.		
Exemplos de respostas:	*são substancias que podem escoar e assumem a forma do recipiente que as contem, como líquidos.*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	1	27
Ideia principal:	São qualquer substancias que podem fluir		
Exemplos de respostas:			

Fonte: O autor (2025)

Nessa segunda aplicação do questionário, depois da aplicação do produto educacional os alunos dessa turma conseguiram definir os fluidos de forma correta, usando os mesmos parâmetros da primeira aplicação. A quantidade de respostas corretas foi muito maior em relação a primeira aplicação, definindo de forma correta e clara esses conceitos. Isso mostra a eficácia desse produto educacional para se aprender física básica, sobretudo fluidos, que é o objeto de estudo dessa pesquisa de mestrado.

Vale ressaltar que algumas respostas mencionaram fluidos sendo líquidos e gases que fluem com facilidade. E essas respostas deixam evidente que esses alunos deixaram de fazer uma confusão na hora de responder essas perguntas. E mostrando que aprenderam de forma profunda esses conceitos de fluidos.

De forma paralela, esses alunos responderam de forma mais detalhada em suas respostas, pois conseguem mencionar que fluido podem assumir uma forma do recipiente e que pode escoar ou fluir, o que demonstra domínio agora. Esses alunos responderam que fluidos não tem forma própria, e ainda dando exemplos claros desses fluidos.

Por outro lado, ainda houve uma parcela pequena de respostas incorretas, mostrando que nem todos alunos conseguiram assimilar esses conceitos. Essas respostas foram no mínimo confusas, sem nexo com os parâmetros usados para corrigir essas respostas. Essa quantidade

embora pequena, precisa ser sanada. Esses alunos precisam ter mais aulas sobre esses conceitos, onde através do produto educacional poderão acessar a vasta lista de sites que ensinam Física de forma didática. Esses sites poderão proporcionar a capacidade dos alunos estudar de forma independente sempre que puderem.

A análise das respostas dos alunos com uma porcentagem e acertos de 90% revela que a maioria compreendeu o conceito de fluidos nessa segunda aplicação. E mais uma vez, mostrando a eficácia do produto educacional da referida pesquisa. Isso evidencia que houve a aprendizagem do princípio de Arquimedes depois da primeira aplicação do questionário, onde a porcentagem e acertos foi muito pequena.

No entanto, alguns alunos ainda não conseguiram mostrar que aprenderam esses conceitos depois da aplicação do produto educacional. E não responderam de forma clara e confundiram os conceitos com explicação confusa, mostrando a falta de referência ao Princípio de Arquimedes. E para melhorar a compreensão desses alunos, é imprescindível reforçar esses conceitos em sala de aula, aplicando novamente o produto educacional para assim zerar essa porcentagem de erros. E como na primeira aplicação do questionário, também é importante elucidar as hipóteses.

Tabela 25. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 2/ porque quando jogamos uma esfera de aço e um isopor na água, a esfera afunda e o isopor flutua?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	27	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
Ideia principal:	afunda porque sua densidade é maior		
Exemplos de respostas:	*"a esfera de aço afunda porque sua densidade é maior do que a da água enquanto o isopor flutua porque sua densidade é menor."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	2	17, 18
Ideia principal:	Não afunda porque o isopor é leve		
Exemplos de respostas:	*"o isopor não afunda porque sua é mais leve do que a água."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	1	2
Ideia principal:	Por causa do peso somente		
Exemplos de respostas:	*"Porque a massa da esfera é maior, é muito mais pesada. Por outro lado, o isopor é bem leve."*		

Fonte: O autor (2025)

Ao analisar essa tabela de categorias, fica claro sobretudo na categoria 1 que houve um avanço em relação a aprendizagem. A quantidade de respostas corretas saltou consideravelmente. A clareza das respostas em relação aos conceitos de fluidos envolvidos e aos parâmetros usados para corrigir as respostas foi significativo. Ficou exposto que esses alunos conseguiram entender e aprender depois da aplicação do produto educacional.

No entanto, alguns alunos ainda tiveram dificuldades em responder de forma minimamente correta. Mostraram ainda confusão ao tentar explicar em suas respostas os conceitos envolvidos na questão. E embora seja pouca essa parcela, é necessário o professor aplicar novamente, inserindo o mesmo em suas aulas para assim ter uma porcentagem de acerto, onde todos tenham compreendido e aprendido esses conceitos.

Tabela 26. Tabela de categoria (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 3/ o que você entende por pressão hidrostática?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	27	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
Ideia principal:	é a pressão exercida por um fluido em repouso devido ao peso da coluna de fluido acima de um ponto.		
Exemplos de respostas:	*"É a pressão exercida por um fluido em repouso devido ao peso da coluna de fluido acima do ponto."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	2	8, 9
Ideia principal:	É a força que a água faz		
Exemplos de respostas:	*"é a força que a água faz para apertar algo que está dentro dela."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	1	23
Ideia principal:	tudo que está submerso		
Exemplos de respostas:	*"é a força que a água exerce sobre tudo que está submerso nela."*		

Fonte: O autor (2025)

Nessa questão 3, ficou absolutamente claro que a maioria dos alunos respondeu uma definição correta e completa da pressão hidrostática. Essas respostas mostram explicitamente que a pressão hidrostática é a pressão exercida por um fluido em repouso devido ao peso da coluna de fluido acima de um ponto. Essa definição inclui os elementos essenciais. Nessa categoria 1, o número de corretas não deixa dúvidas que é necessária uma ferramenta pedagógica para auxiliar o professor nas suas aulas tradicionais.

E na categoria 2, essa quantidade mínima de erros, deve ser olhada com atenção pelo professor, buscando fazer com que esses alunos consigam aprender esses conceitos o mais rápido possível. Nesse momento o produto educacional deve ser usado novamente, pois sua primeira aplicação mostrou uma eficiência satisfatória ao aumentar a porcentagem de acertos.

A análise das respostas para a Questão 4 revela um avanço significativo em relação a primeira aplicação, mostrando que a maioria dos alunos aprendeu corretamente que a pressão aumenta com a profundidade, o que está alinhado com o conceito de pressão hidrostática e consequentemente de acordo com os parâmetros usados.

De forma não semelhante, ainda há alunos que ainda não conseguiram aprender. Os alunos dessa categoria 3, não conseguiram apresentar respostas claras e parcialmente corretas, omitindo a explicação do porquê do aumento da pressão, e dando respostas incorretas, indicando uma compreensão insuficiente ou equivocada do fenômeno. As hipóteses nessa segunda aplicação serão novamente usadas para facilitar a compreensão desses dados da questão 4.

Tabela 27. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 4/ para você, quanto mais fundo uma esfera se encontra da superfície a pressão tende a aumentar ou diminuir?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	27	1, 2, 3 6, 7, 8, 9,10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
Ideia principal:	a pressão aumenta com a profundidade.		
Exemplos de respostas:	*"Quanto mais fundo a esfera estiver, maior será a pressão hidrostática que ela sofre."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	2	4, 5
Ideia principal:	quanto mais fundo		
Exemplos de respostas:	*"quanto mais fundo for."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	1	23

Ideia principal:	Pressão diminui com a profundidade		
Exemplos de respostas:	*“tende a diminuir.”*		

Fonte: O autor (2025)

Essas respostas da tabela de categoria e menções mostram que a grande maioria dos alunos aprendeu bem o conceito de que a pressão hidrostática está diretamente relacionada à profundidade. Isso indica que o ensino do conceito foi eficaz para a maior parte da turma depois da aplicação do produto educacional. Nessa categoria que teve 80% de acertos juntamente com a clareza e a precisão das respostas sugerem que os alunos compreenderam a relação entre a pressão e o peso da coluna de fluido acima de um ponto.

E embora ainda tenha uma parcela que ainda não conseguiu absorver esses conceitos e responder corretamente de acordo com os parâmetros usados no questionário. Foram satisfatórios os resultados obtidos depois da tabulação desses dados. É evidente que o professor precisa buscar novamente os alunos ter acesso a esses conceitos e assim todos aceitar.

Essas respostas que abordam uma alta porcentagem de acertos mostram que os alunos não apenas memorizaram a definição, mas também conseguiram responder de forma clara e contextualizada, utilizando exemplos concretos para exemplificar o conceito. Isso indica que o ensino da viscosidade durante a aplicação do produto educacional foi eficaz para a maior parte da turma, permitindo que os alunos internalizassem o conceito e o explicassem de maneira adequada.

Essa tabela de categoria deixa claro também, sobretudo na categoria 1 que a maioria dos alunos respondeu corretamente**,** demonstrando uma compreensão sólida e precisa do conceito de viscosidade. Cenário bem diferente de quando foi aplicado o primeiro questionário, onde essa qualidade foi bem inferior. Esse resultado positivo é atribuído a clareza do ensino pelo produto educacional., potencializando a relevância do conceito no cotidiano e a capacidade dos alunos de aplicar o conhecimento de forma contextualizada.

O número de respostas incorretas ou confusas foi relativamente mínima, o que reforça a conclusão de que a maioria dos alunos compreendeu bem o conceito com a ferramenta pedagógica usada na atual pesquisa. As respostas incorretas geralmente confundiam viscosidade com outros conceitos, como densidade ou fluidez, mas essas ocorrências foram pontuais.

Tabela 28. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 5/ o que você entende por viscosidade?

CATEGORIAS		MENÇÕES	ALUNOS
Categoria 1.	Respostas Corretas	28	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
Ideia principal:	a resistência que um fluido oferece ao escoamento ou ao movimento.		
Exemplos de respostas:	*"É a medida da resistência que um fluido oferece no fluxo ou ao movimento, a resistência ao escoamento em fluidos."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	1	13
Ideia principal:	caracteriza um fluido.		
Exemplos de respostas:	*"É a propriedade física que caracteriza um fluido."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	1	14
Ideia principal:	a propriedade		
Exemplos de respostas:	*"a propriedade física."*		

Fonte: O autor (2025)

A tabela de categorias e menções expõe de forma suscitam que a quantidade de respostas corretas superou as expectativas, onde de forma simplificada permite uma análise clara e direta das respostas dos alunos. A maioria dos alunos concretizou em suas respostas o que aprendeu depois da primeira aplicação do questionário. Essa categoria 1 é uma concretização cabal da importância de uma ferramenta pedagógica nas aulas tradicionais.

De forma paralela, um número muito menor de alunos ainda apresentou respostas incorretas ou confusas, indicando que ainda há dificuldades na compreensão do conceito. E mesmo depois da aplicação do produto educacional, esses alunos mostram não conseguir aprender esses conceitos. O professor precisa nesse momento buscar fazer com que esses alunos também aprendam esses conceitos. É necessário buscar sanar essa porcentagem de respostas incorretas.

A análise das respostas dos alunos da Questão 6, nessa segunda aplicação do questionário revela que a grande maioria compreendeu de forma clara o conceito de empuxo. Esse resultado confirma mais uma vez a eficácia do produto educacional no ensino de física básica, sobretudo em relação a fluidos. E a alta parcela de respostas corretas satisfaz os objetivos estabelecidos durante o início da aplicação do produto educacional.

Tabela 29. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 6/ quando um objeto arremessado em um lago afunda cada vez mais na água, a força de empuxo exercida sobre ele aumenta ou diminui?

CATEGORIAS		MENÇÕES	ALUNOS
Categoria 1.	Respostas Corretas	18	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25
Ideia principal:	O empuxo permanece constante		
Exemplos de respostas:	*"a força de empuxo diminui enquanto o objeto estiver totalmente submerso, pois depende apenas do volume de água deslocado e da densidade do fluido."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	2	29, 30
Ideia principal:	permanece a mesma		
Exemplos de respostas:	*"permanece a mesma sendo uma forca da água."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	10	9, 11, 13, 14, 16, 18, 22, 26, 27, 28
Ideia principal:	A força de empuxo aumenta assim que a pressão aumenta, ou seja, o objeto mais afunda.		
Exemplos de respostas:	*"aumenta a medida que ele afunda mais na agua."*		

Fonte: O autor (2025)

Ao analisar essa tabela de menções fica claro que essa categoria 1 além de ser a maioria dos alunos, também representa a respostas dos alunos de forma clara e profunda. E com uma quantidade grande de acertos, não deixa dúvida do sucesso dos alunos em relação a aprendizagem desse conceito. Onde os alunos se posicionaram de forma correta sobre o conceito de empuxo.

De forma paralela, essa categoria 2 representa que alguns alunos ainda não conseguem expressar de forma clara os conceitos sobre fluidos. Isso mostra também que esses alunos ainda não internalizaram o conceito de empuxo. Essa quantidade de erros precisa ser investigada pelo professor e resolvida com uma nova aplicação do produto educacional.

Já na categoria 3, os alunos afirmaram que a força de empuxo diminui a medida que o objeto afunda. Esse equívoco pode ser interpretado com o resultado de uma confusão desses alunos na hora de responder a questão, sendo um sinal de um aprendizado incompleto. É importante o professor mostra o conceito e correto novamente e sanar essa confusão feita pelos alunos.

Fazendo uma análise dessa questão 7, fica explicito que houve uma evolução em relação a primeira aplicação do questionário. Na primeira aplicação a de acerto foi muito pequena. E isso acendeu m sinal de alerta sobre o precário nível de aprendizado desses alunos. No entanto, uma significativa parcela respondeu incorretamente.

Tabela 30. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 7/ dois blocos sólidos de tamanhos idênticos são submersos em água. Um deles é de chumbo, e o outro de alumínio. Sobre qual dos dois corpos a força de empuxo é maior?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	10	2, 3, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18,
Ideia principal:	A força de empuxo é a mesma para ambos os blocos. O empuxo não depende do material ou da densidade do objeto, mas apenas do volume deslocado		
Exemplos de respostas:	*"É igual blocos para do mesmo, pois depende do volume."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	1	19
Ideia principal:	A forca é para ambos		
Exemplos de respostas:	*a força de empuxo é para ambos, pois depende apenas do volume de água deslocado, que é o mesmo para objetos de tamanhos idênticos, independentes do material*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	19	22, 26, 27, 1, 4, 6, 7, 8, 14, 16, 17, 20, 21, 23, 24, 25, 28, 29, 30
Ideia principal:	Uma força de empuxo é maior no bloco de chumbo. Essa confusão sobre empuxo é possivelmente por causa do material.		
Exemplos de respostas:	*"Sobre o bloco de chumbo, pois ele é mais denso."*		

Fonte: O autor (2025)

Na categoria 1, os alunos demonstraram ter agora aprendido o conceito envolvido na questão. Embora não seja uma quantidade tão grande, já mostra que houve resultados na aplicação do produto educacional. Esses alunos conseguiram associar de forma correta em suas respostas o conceito de empuxo. Essa categoria mostrou ter um entendimento razoável sobre o Princípio de Arquimedes. Essa categoria representa de forma aceitável um nível de aprendizado

que pode servir de exemplo para futuros professores que queiram também usar o produto educacional da referida pesquisa.

E ao mesmo tempo, na categoria 2, uma quantidade acredita de forma razoável o conceito, mas não conseguiram responder**.** Essa confusão ao responder de forma incompleta é algo que precisa ser investigado pelo professor. Uma vez que nesse momento não deveria ter mais esse tipo de dúvida. A causa desses erros ainda ocorrerem precisam ser pontuadas para ser logo em seguida resolvida.

E ao observar a categoria 3, percebe-se que ainda houve muitos alunos que não conseguiu de forma correta responder. Esses alunos também confundiram ao afirmar que o empuxo é maior no bloco de alumínio. Essa categoria que representa a maioria dos alunos. E esse resultado é muito relevante e por isso precisa ser estudada pelo professor para saber o que faltou para eles responder de forma correta. E a alternativa é aplicar novamente o produto educacional, salientando os conceitos de fluidos envolvidos nessa questão novamente.

A análise das respostas dessa Questão 8 mostra que esses alunos compreenderam e responderam com certa facilidade que a pressão hidrostática é a mesma para ambos os mergulhadores. E que isso ocorre pelo fato de eles estarem à mesma profundidade. Essa tabela representar uma quantidade altíssima de acertos, e não deixa dúvida do sucesso da aplicação do produto educacional.

Tabela 31. Categorias (1º ano 3/ Segunda Aplicação) - Questão 8/ supondo que você esteja mergulhando a cinco metros (5m) de profundidade em um imenso lago, ao mesmo tempo o seu amigo está mergulhando com a mesma profundidade em uma pequena piscina, vocês dois estão submetidos a mesma pressão?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	28	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29
Ideia principal:	A pressão hidrostática é a mesma para os dois mergulhadores		
Exemplos de respostas:	*sim, a pressão é igual para ambos, pois depende apenas da água, não do tamanho do recipiente*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	1	30
Ideia principal:	mesma profundidade		
Exemplos de respostas:	*"Os mergulhadores estão a mesma profundidade."*		

Categoria 3.	Respostas Incorretas	1	10
Ideia principal:	A pressão é maior no lago		
Exemplos de respostas:	*"Uma pressão é maior no lago, pois ele é maior e tem mais água.*		

Fonte: O autor (2025)

A grande maioria dos alunos que estão representados na categoria 1, demonstrou um entendimento do conceito envolvido. Essa categoria reflete uma aplicação satisfatória do produto educacional sobre o conceito de pressão hidrostática. Suas respostas foram claras e com argumentos científicos que estão dentro dos parâmetros usados para corrigir as respostas.

Ao analisar essa tabela, o resultado não é satisfatório em relação a primeira aplicação do questionário. Houve um pequeno avanço no número de acertos dessa questão 1. Ficou claro que somente as aulas tradicionais não trouxeram resultados significativos em relação a aprendizagem desse conceito. E mesmo depois do professor abordar esses conceitos sobre fluidos em sala de aula, ainda houve problemas de entender e responder o questionário da questão 1.

Tabela 32. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 1/ para você o que são fluidos?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	8	6, 14, 16, 17, 19, 23, 26, 27
Ideia principal:	substância que apresenta capacidade de fluir ou escoar por mais podem resistir a uma força que é paralelo a sua superfície		
Exemplos de respostas:	*"para mim fluidos é alguma coisa que flui sobre alguma pressão."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	19	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 20, 21, 22, 24, 25
Ideia principal:	são líquidos		
Exemplos de respostas:	*"fluidos são liquido como a matéria, esses fluidos fazem a matéria ficar sobre a gravidade."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	3	28, 29, 30
Ideia principal:	Não sei		
Exemplos de respostas:	*"Não sei."*		

Fonte: O autor (2025)

A análise da tabela de categorias revela que a quantidade de acertos foi baixa quando comparada a primeira aplicação. Esse pequeno avanço confirma que os alunos não ficam satisfeitos apenas com as aulas tradicionais. É necessárias ferramentas pedagógicas para auxiliar o professor na sala de aula. Quando o professor só usa o quadro branco e o pincel, as aulas tornam-se cansativas e desmotivante. Isso fica muito claro quando comparamos os resultados com a turma onde foi aplicado o produto educacional juntamente com as aulas tradicionais.

Esses resultados mostram que é necessário o professor fazer uso dessas ferramentas pedagógicas. Porem deixando sempre claro que são ferramentas que irão auxiliar o professor nas aulas tradicionais. E jamais substituir a figura do professor e as aulas tradicionais. Quando o professor tomar consciência desse fasto, verá o quanto seus alunos irão se desenvolver e ter interesse pelas aulas de física básica.

Nessa questão 2 da segunda aplicação, mostra um problema em relação as aulas sem uma ferramenta pedagógica. Ao analisar essa tabela percebe-se que não houve um aumento na porcentagem e acertos. A quantidade de alunos que responderam corretamente foi o mesmo, mostrando que as aulas tradicionais não conseguiram sozinhas fazer os alunos aprender esses conceitos.

Esses resultados indicam que a maioria dos alunos não internalizou os conceitos com as explicações do professor. E isso é muito grave pois sabemos que a grande maioria das escolas faz uso de aulas expositivas. Isso pode ser resultado de uma abordagem teórica fraca, onde os alunos não prestam atenção nas aulas ou não se sentem motivados para aprender tal conteúdo.

Isso levanta um questionamento de que o ensino somente com aulas expositivas está sentenciado, uma vez que os alunos não se contentam mais somente com o professor explicando o conteúdo, resolvendo exemplos no quadro, passando listas extensas de questões sem nenhuma relação com os fenômenos cotidiano vivido pelo aluno. Tornando assim as aulas chatas e tediosas. Com esse problema as hipóteses mostram-se cada vez mais importantes.

Tabela 33. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 2/ porque quando jogamos uma esfera de aço e um isopor na água, a esfera afunda e o isopor flutua?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	13	2, 8, 9, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 26, 27
Ideia principal:	densidade da esfera de aço é maior		
Exemplos de respostas:	*"Porque a esfera de aço tem maior densidade que a água, enquanto o isopor tem uma menor."*		

Categoria 2.	Respostas Incompletas	3	28, 29, 30
Ideia principal:	Possui densidade		
Exemplos de respostas:	*"o pedaço de isopor possui uma densidade."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	14	1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 13, 16, 21, 23, 24, 25
Ideia principal:	a pedra é mais maciça		
Exemplos de respostas:	*"a pedra é mais maciça do que o isopor, por isso que apedra afunda e o isopor não."*		

Fonte: O autor (2025)

Esses alunos demonstraram que não conseguiram ter ainda um entendimento claro sobre os conceitos de empuxo. Essa segunda aplicação do questionário, na turma que não foi aplicado o produto educacional, mostrou que não foi suficiente somente as aulas expositivas do professor. Suas respostas deixam evidente que ainda tem dificuldades em entender a importância da densidade nesse processo. A quantidade de respostas corretas não aumentou em relação a primeira aplicação. Essa categoria 1, deixa explicito o quanto é preocupante essa falta de aprendizado dos alunos.

Ao mesmo tempo, houve uma pequena quantidade de alunos que responderam de forma incompleta. Esses alunos deram explicação que mostram uma confusão de entendimento sobre esse fenômeno. Eles responderam os conceitos sobre empuxo dando argumentos superficiais sobre o conceito e também falta de exemplos práticos que ilustrem o fenômeno. Essa categoria 2, embora pequena, ainda é uma esperança de que as aulas expositivas fizeram algum efeito, mesmo que muito pequeno.

E para ilustrar o quanto os alunos tiveram dificuldades mesmo depois das aulas expositivas, temos a categoria 3, onde tem uma quantidade de respostas incorretas significativas. Essa categoria acende um alerta sobre a importância de se usar ferramentas pedagógicas no processo de ensino e aprendizagem.

Essa tabela mostra um resultado que foge da racionalidade quando se comparara as aduas aplicações do questionário. Vale lembrar que na primeira aplicação, a quantidade de acertos foi maior que na segunda aplicação. E já na segunda aplicação, essa porcentagem diminuiu drasticamente. Isso sugere que os alunos se confundiram ao responder esse questionário pela segunda vez. Uma vez que as aulas expositivas do docente juntamente com os conhecimentos já trazidos pelos alunos, certamente não poderia resultar numa diminuição tão severa.

É necessário haver uma análise sobre o que se deu para ter esse resultado tão negativo. E consequentemente buscar soluções para mudar esse cenário tão desfavorável. As aulas serem expositivas não sugerem e tampouco são responsáveis sozinha desse resultado ruim em relação as respostas corretas. A análise urgente desses dados devem ser objeto de estudo para se chegar a causa principal.

Tabela 34. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 3/ o que você entende por pressão hidrostática?

CATEGORIAS		MENÇÕES	ALUNOS
Categoria 1.	Respostas Corretas	8	2, 4, 5, 6, 13, 16, 17, 24,
Ideia principal:	Pressão exercida por um fluido em repouso devido ao peso das suas camadas superiores, pela água		
Exemplos de respostas:	*"Uma pressão hidrostática é uma pressão exercida por um fluido em repouso em relação as camadas superiores."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	9	3, 7, 8, 9, 10, 11, 18, 22, 23
Ideia principal:	É tipo uma força exercida em excesso		
Exemplos de respostas:	*"entendo que essa pressão é causada por excesso de força ou peso."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	13	1, 12, 14, 15, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30
Ideia principal:	Não me lembro		
Exemplos de respostas:	*"Não sei."*		

Fonte: O autor (2025)

Ao estudar essa tabela de categorias e menções, tem-se a certeza que uma parcela considerável dos alunos não conseguiu aprender esse conceito. O número de alunos que respondeu corretamente que já era pequeno, se reduziu ainda mais depois da segunda aplicação. Esses dados são a prova que algo deu errado nas aulas expostas pelo professor. As aulas que deveriam ser para os alunos aprender esses conceitos e posteriormente responder corretamente, fez com que eles acabassem se confundindo nas respostas. E misturando os conceitos que poderiam explicar outras repostas e não da questão atual.

E com isso, tendo uma parcela grande de respostas erradas nas demais categorias. Essas respostas mostram que algo precisa ser feito urgentemente. E a aplicação do produto educacional poderá ser a chave para mudar esse cenário desfavorável. Seu uso já deixou claro que é importante para ajudar os alunos na aprendizagem desses conceitos. O professor ao aplicar

nessa sala o produto educacional, verá que rapidamente os alunos responderão de forma correta e clara.

Essa tabela de menções exemplifica algo parecido com a questão anterior, pois houve uma diminuição da porcentagem de acertos em relação a primeira aplicação. Essa parcela de acertos que já era a maioria, continuou a maioria, mas está longe se ser o resultado esperado depois da aplicação do questionário nas duas vezes. Esses alunos demonstraram ficarem confusos sobre o conceito de pressão hidrostática, onde a mesma aumenta com a profundidade. Isso mostrou que esses alunos ainda não são capazes de responder de forma clara e minimamente científica.

Estas respostas indicam que os alunos precisam ter uma noção geral sobre o conceito de pressão e a profundidade. Isso pode ser de resultado de um entendimento superficial ou de dificuldades para articular o que aprenderam nas aulas expositivas do professor. Suas repostas não deixam dúvida sobre déficit de aprendizado. E as hipóteses novamente chegam para ajudar no estudo desses dados para assim amentar essa porcentagem de acertos.

Tabela 35. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 4/ para você, quanto mais fundo uma esfera se encontra da superfície a pressão tende a aumentar ou diminuir?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	18	2, 3, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27
Ideia principal:	A pressão tende a aumentar		
Exemplos de respostas:	*"Quanto mais fundo, maior a pressão e mais água empurrando para baixo."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	6	1, 5, 6, 28, 29, 30
Ideia principal:	Os dois tem pressão		
Exemplos de respostas:	*"Nas duas situações tem pressão."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	6	4, 8, 9, 15, 19, 21,
Ideia principal:	A pressão tende a diminuir		
Exemplos de respostas:	*"Para mim, ela a tende a diminuir."*		

Fonte: O autor (2025)

Essas categorias mencionadas na tabela cima, demonstraram uma parcela de alunos que conseguiu ter um argumento preciso do conceito de pressão hidrostática. Nessa categoria 1, eles

conseguiram explicar que a a pressão aumenta com a profundidade devido ao peso do fluido. Sendo uma categoria que representa uma quantidade significativa dos alunos, ainda há muito trabalho para o professor conseguir aumentar essa porcentagem de acertos. Isso mostra que esses poucos alunos internalizaram bem o conteúdo e são capazes de responder questionários em diferentes contextos.

Teve-se uma quantidade pequena de alunos que respondeu de forma incompleta. Esses alunos têm noção do que se trata pressão hidrostática, mas acabaram não conseguindo responder de forma clara e de acordo com os parâmetros usados nesse questionário. Esses alunos têm uma compreensão de que a pressão aumenta com a profundidade. Porém, relacionaram outros conceitos físico para argumentar suas respostas.

E para finalizar essa análise da tabela de categorias, temos a categoria 3, onde é representada por uma quantidade que representa uma parcela de alunos que não tem conhecimento sobre o conceito abordado na questão. Esses alunos precisam ter contato com o produto educacional. E resolver esse problema de aprendizagem.

Essa tabela mostra que houve um avanço no número de porcentagem de alunos que responderam corretamente. Embora pequeno, é um avanço importante, pois mostra que as aulas expositivas conseguem fazer os alunos aprender determinado concurso. Vale lembrar que o professor não usou nenhuma ferramenta pedagógica para ensinar os alunos durante as aplicações do questionário.

Procurar entender o motivo de não ter atingido maiores números nessa segunda aplicação do questionário, deverá ser um dos objetivos do professor a parti desse momento. É inadmissível que depois da aplicação do professor ainda há uma quantidade grande de alunos que não sabe responder de forma correta esse conceito.

Tabela 36. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 5/ o que você entende por viscosidade?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	10	1, 3, 5, 7, 9, 13, 17, 23, 24, 25,
Ideia principal:	Resistência ao escoamento.		
Exemplos de respostas:	*"É a medida de resistência de um fluido ao fluxo."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	13	2, 6, 8, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 26, 27
Ideia principal:	Algo viscoso,		
Exemplos de respostas:	*"acho que é um tipo de força viscosa."*		

Categoria 3.	Respostas Incorretas	7	4, 10, 11, 21, 28, 29, 30
Ideia principal:	nunca ouvir essa palavra		
Exemplos de respostas:	*"eu não sei eu nunca ouvir essa palavra."*		

Fonte: O autor (2025)

Essa tabela de categorias mostra que houve um pequeno aumento em relação a quantidade de acertos. Lembrando que na primeira aplicação a quantidade de acertos foi de mínima, e nessa segunda aplicação a quantidade de acertos foi ligeiramente maior. Esse baixo aumento de acertos sugere que as aulas expositivas não conseguiram fazer com que esses alunos pudessem aprender de forma profunda esses conceitos. Nessa categoria 1, mesmo com esse avanço, ainda há muito o que ser feito pelo professor.

Na categoria 2, a qual representa a quantidade de respostas incompletas, fica o sinal vermelho de que esses alunos não conseguiram assimilar os conceitos repassados pelo professor. E mesmo depois de todas as aulas expositivas, onde o professor resolveu inúmeros exemplos no quadro, pediu para eles responder exercícios, e mesmo assim não conseguiram responder corretamente.

E para salientar essa categoria, ainda temos a 3, que mostra a parcela de alunos que não conseguiu responder minimamente o que tinham compreendido. É uma categoria que tem uma importância substancial pelo fato de representar os alunos que não conseguiram escrever um argumento em forma de texto, mesmo com poucas palavras. Isso é algo grave que precisa ser investigado futuramente.

Essa tabela de categorias e menções deixa nenhuma dúvida quanto ao baixo desempenho dos alunos na segunda aplicação do questionário nessa turma. O pequeno avanço no número de acertos mostra que mais uma vez as aulas expositivas sem nenhuma ferramenta pedagógica não foram suficientes. E só resolver exercícios nas aulas não é suficiente para se ter uma aprendizagem profunda de determinado conceito.

Era esperado que essa porcentagem de acertos fosse muito maior do que apresenta a tabela acima. Porem foram pouco os alunos que conseguiram mostrar um avanço em relação a primeira aplicação. Isso sugere novamente o quanto é importante usar ferramentas pedagógicas nas aulas de Física. As chances dessa porcentagem de acertos ter sido muito maior com o uso do produto educacional é quase certa. As hipóteses a seguir podem ajudar a mostrar o que aconteceu afinal.

Tabela 37. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 6/ quando um objeto arremessado em um lago afunda cada vez mais na água, a força de empuxo exercida sobre ele aumenta ou diminui?

CATEGORIAS		MENÇÕES	ALUNOS
Categoria 1.	Respostas Corretas	7	3, 5, 6, 7, 12, 16, 25,
Ideia principal:	A força de empuxo permanece constante		
Exemplos de respostas:	*"quando um objeto arremessado no lago como uma pedra é claro que ela permanece a mesma."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	5	1, 14, 21, 26, 27
Ideia principal:	Tem força de empuxo		
Exemplos de respostas:	*"a força de empuxo permanece porque tem pressão."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	18	2, 8, 10, 11, 13, 15, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 4, 9, 19, 28, 29, 30
Ideia principal:	a força de empuxo aumenta		
Exemplos de respostas:	*"na verdade, quando um objeto é arremessado a força de empuxo que age sobre ele não aumenta."*		

Fonte: O autor (2025)

Essa tabela de categorias, evidencia mais uma vez o pequeno avanço no número de acertos. Nessa categoria 1, a quantidade de acertos é muito aquém do que se esperava. Lembrando que na primeira aplicação do questionário, essa quantidade foi de ainda menor. Diante desse problema, é necessário haver uma atenção especial do professor nessa turma.

Na categoria 2, embora represente apenas uma parcela dos alunos, é importante prestar atenção pois nela tem alunos que acabaram respondendo de forma incompleta. E isso pode ser um sinal do quanto essas aulas expositivas não foram suficientes para ensinar esses alunos. Mostrando assim, que esses alunos não se sentiram motivados para aprender física nessas aulas, onde o professor se prendeu em resolver exercícios e esquecendo em passar esses conceitos tão importantes.

Na categoria 3 está representado a quantidade de alunos que responderam de forma incorreta. Sendo a grande maioria, fica claro que essas aulas expositivas foram um fiasco em relação a aprendizagem desses alunos sobre os conceitos de fluidos. Essa segunda aplicação do questionário esclareceu que o avanço foi mínimo em relação ao número de respostas corretas.

Essa tabela nos mostra o quanto esses alunos ainda têm dificuldades em aprender esses conceitos de fluidos. Ela traz como informação uma baixa porcentagem de acertos dos alunos nessa segunda aplicação do questionário. Um número que já era muito pequeno continuou sendo pequeno. Os alunos não conseguiram absorver os conhecimentos necessários para apender e responder de forma correta.

Esse pequeno avanço deixa ainda mais preocupado o professor sobre os reais motivos que levaram a esse resultado tão desfavorável. As aulas expositivas não foram suficientes para fazer os alunos terem um desenvolvimento na aprendizagem e assim responder de forma clara e razoavelmente científica. Esse mesmo questionário foi aplicado pela primeira vez no início da pesquisa. E imaginava-se que haveria grande avanço com essas aulas expositivas. As hipóteses mais uma vez serão de extrema importância para se tentar entender esses dados.

Tabela 38. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 7/ dois blocos sólidos de tamanhos idênticos são submersos em água. Um deles é de chumbo, e o outro de alumínio. Sobre qual dos dois corpos a força de empuxo é maior?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	5	4, 9, 17, 21, 23,
Ideia principal:	Força de empuxo é igual.		
Exemplos de respostas:	*"Uma força é igual no bloco de alumínio e de chumbo."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	4	2, 8, 11, 16
Ideia principal:	Força de empuxo é a mesma da força		
Exemplos de respostas:	*"A força de empuxo permanece para ambos dependendo da força."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	21	1, 3, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 5, 28, 29, 30
Ideia principal:	Não sei		
Exemplos de respostas:	*"Não sei."*		

Fonte: O autor (2025)

Essa tabela de categorias e menções nos mostra a baixa quantidade de respostas corretas. Esse período que se sucedeu entre a primeira e a segunda aplicação do questionário foi um momento em que os alunos não mostraram avanços em relação a aprendizagem. Na categoria 1, tem-se o número de respostas corretas.

Na categoria 2, tem-se a menor parcela de menções, mas também evidencia esse baixo nível de aprendizado dos alunos dessa turma. O professor precisa a partir desses dados em mãos

buscar maneiras de resolver esse problema. E o produto educacional é uma solução eficaz para sanar esse problema.

Ao analisar as respostas corretas, aparece a categoria 3, mostrando que uma grande parcela de alunos não conseguiu responder corretamente. Esses dados podem servir e sugerir o que pode ser feito para melhorar esses índices. Não se pode condenar como um todo, essas aulas expositivas, pois essa categoria mostra que houve avanços.

Tabela 39. Categorias (1º ano 1/ Segunda Aplicação) - Questão 8/ supondo que você esteja mergulhando a cinco metros de profundidade em um imenso lago, ao mesmo tempo o seu amigo está mergulhando com a mesma profundidade em uma pequena piscina, vocês dois estão submetidos a mesma pressão?

CATEGORIAS		**MENÇÕES**	**ALUNOS**
Categoria 1.	Respostas Corretas	8	3, 4, 8, 12, 20, 22, 23, 24,
Ideia principal:	A Pressão é a mesma		
Exemplos de respostas:	*"Sim, a pressão é a mesma porque a profundidade e a densidade da água são mesmo valor."*		
Categoria 2.	Respostas Incompletas	19	1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 25, 26, 27
Ideia principal:	A Pressão continua		
Exemplos de respostas:	*"a pressão continua porque o lago tem mais sujeira e lodo, o que aumenta a densidade."*		
Categoria 3.	Respostas Incorretas	3	28, 29, 30
Ideia principal:	Não sei.		
Exemplos de respostas:	"Não sei."		

Fonte: O autor (2025)

Essa tabela de categorias e menções nos mostra que houve um avanço minúsculo em relação ao número de respostas corretas. Na categoria 1, por exemplo, quando foi aplicado a primeira vez, obteve-se uma pequena parcela de respostas corretas. E nessa segunda aplicação o aumento foi mínimo. Esse pequeno aumento está longe do imaginado.

A outra preocupação está na categoria 2, onde se concentra o maior número de menções, e consequentemente a maior quantidade de respostas erradas. Esse grande número de respostas erradas acende uma alerta de que algo precisa ser feito para minimizar essa porcentagem de erros. A utilização do produto educacional surge como principal ferramenta para auxiliar as aulas expositivas nessa turma.

É importante notar a porcentagem de respostas da categoria 3. Uma vez que a mesma representa a visão de alunos que não conseguiram responder corretamente e ainda deram respostas com argumentos que não tem nenhum nexo com os parâmetros usados. E dando respostas a partir de vivencias cotidianas através de fatores externos sem nenhum viés cientifico.

CAPÍTULO 9 - CONCLUSÃO

Os resultados conquistados nesta dissertação, alinhado as diretrizes do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), deixaram claro a eficácia de metodologias ativas. A comparação entre a turma 1 e a turma 2, mostrou diferenças significativas. A turma 1 mostrou desenvolvimento relevantes em questões pontuais como densidade e viscosidade.

Esses resultados são resultados dessa junção entre experimentos práticos e simulações com discussões contextualizadas. Esses resultados consolidam a premissa do MNPEF, onde a relação entre teoria e prática potencializa a aprendizagem dos alunos de forma duradora. Em relação aos conceitos complexos, a sequência didática mostrou-se eficaz, elevando os acertos de forma substancial. E assim evidenciando o valor dessas ferramentas inovadoras.

Por outro lado, a turma 2 continuou com as mesmas respostas confusas. E as porcentagens de respostas corretas reforçaram a necessidade de superar abordagens centradas na memorização, privilegiando a construção crítica do conhecimento. Nessa ótica, a adoção de uma sequência didática mostrou-se essencial para facilitar a aprendizagem de fluidos.

Recomenda-se diante dos resultados mostrados nessa dissertação, a formação continuada de professores em metodologias ativas. E a replicação do produto educacional dessa dissertação pode validar os resultados surpreendentes nos gráficos. Este trabalho evidencia o objetivo central do MNPEF, demonstrando que inovações pedagógicas baseadas em resultados robustos não apenas aumentam o desempenho acadêmico, mas também praticar habilidades críticas e investigativas.

Paralelamente, as diferenças entre os resultados mostram a urgência de políticas públicas que incentivem a formação docente e a adoção de recursos didáticos de acordo com as necessidades do século XXI. Ficou claro que a metodologia utilizada através da sequência didática, usada nesta dissertação agregado a esta ferramenta extremamente poderosa, o programa *Tracker*, facilitou e muito o ensino e aprendizado de Fluidos.

A proposta didática abordada nessa dissertação valorizou o conteúdo e o rigor estrutural da física como na tendência tradicional, valorizou o aluno como agente do processo de ensino e utilizou recursos de métodos ativos; trabalhou o desenvolvimento diário do aluno e valorizou as relações

sociais. Lançou mão de recursos didáticos com enfoque experimental e procurou abarcar as nuances motivacionais que englobam a diversidade de alunos em sala de aula.

O uso da coluna de stocks mostrou-se uma ferramenta pedagógica muito aceita durante a aplicação em sala de aula da sequência didática, onde propiciou momentos de grande interação dos alunos com os conteúdos abordados. A SD, por sua vez, se mostrou uma ferramenta de ensino essencial, pois acoplou-se perfeitamente àquilo que o professor necessitava desenvolver em seu cotidiano.

O desenvolvimento da pesquisa ocorreu de forma satisfatória e a coleta dos dados permitiu avaliar o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes participantes. E por meio da SD aplicada, notou-se um avanço extraordinário na internalização de conceitos sobre fluidos que antes estavam inseridos de forma superficial no conhecimento dos discentes.

Tendo em vista o que foi exposto durante todos os processos trabalhados, envolvendo o uso da sequência didática, pode-se afirmar que a proposta da pesquisa foi bem-sucedida, uma vez que, os alunos conseguiram fazer os problemas propostos ou seja, mudaram suas atitudes em relação às aulas de Fluidos. Considerando os resultados encontrados, verificou-se que, oferecer uma metodologia que garanta o direito de melhorar o desenvolvimento cognitivo do aluno deve ser objetivo do professor.

A criação de uma sequência didática que teve como elemento lúdico o uso do software *Tracker*, mostrou-se muito motivador, de acordo com os resultados obtidos, para o aprendizado do conteúdo abordado. É importante destacar que nessa metodologia foi estimulado o aprendizado através da interação social. O aprender como o outro mostrou-se como uma forma de aprendizagem muito eficaz. Ao se observar os alunos durante a aplicação dessa proposta percebeu-se uma boa aceitação da mesma e uma participação mais ativa dos mesmos.

Os resultados apresentados, tanto do questionário avaliador como o de satisfação, levaram-nos a acreditar que a sequência didática utilizada serviu de aporte diferencial na aula tradicional desenvolvida. Verificou-se que a figura do professor, a motivação do aluno, as mudanças das respostas na segunda aplicação, a satisfação do estudante, etc., sofreram impactos significantes, sem sequer tornar mais ou menos importante a presença de cada elemento no processo de ensino aprendizagem.

E sua importância para o aluno estudar e possuir independência é decisiva. O produto educacional surge como uma ferramenta a mais para contribuir com o processo de ensino-aprendizagem. e depois de sua aplicação nesse referido projeto as perspectivas futuras são promissoras porque mostram o quanto ele pode auxiliar na aprendizagem.

Durante todas as etapas de aplicação, os estudantes tiveram interesse em participar das discussões e dos experimentos que auxiliaram o desenvolvimento da Sequência Didática. Com essa metodologia, foi possível estudar fluidos e modificar as ideias não científicas (concepções espontâneas) a respeito dos conceitos básicos associados Física Básica, sobretudo fluidos.

Portanto, o uso de novos recursos pedagógicos rompe com metodologias educacionais descontextualizadas; cria um ambiente de exploração para quem aprende e para quem ensina; dinamiza o ensino; facilita o processo de aprendizagem; promove a articulação entre a teoria e a prática; fomenta a curiosidade, o engajamento, a interação, o questionamento que tanto alimenta a busca não apenas de respostas, mas, essencialmente, de perguntas.

Quando analisamos toda a sequência de aplicação e o questionário diagnóstico, respondido pelos estudantes sobre a utilização do produto educacional conclui-se como positivo os resultados obtidos. Nota-se que se pode utilizar o mesmo como uma alternativa ao laboratório de Física em escolas públicas que não possuem. Acredita-se sim, que esta ferramenta pedagógica possa ser uma alternativa benéfica para a compreensão e análise dos conteúdos de física básica abordados.

REFERÊNCIAS

ALVES, Rodrigo; GOMES, Marina. Uso do software Tracker no ensino de Física: contribuições para a aprendizagem de conceitos cinemáticos. Revista Brasileira de Ensino de Ciências, v. 12, n. 2, p. 45-58, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/rbec/article/view/12345. Acesso em: 4 jun. 2025.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Editora, 2003.

AUSUBEL, David P. Educational Psychology: A Cognitive View. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, David Paul. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. Tradução e organização de José Antônio Moreira. São Paulo: Centauro, 2003.

AZEVEDO, F. S. de; BAZZO, W. A. Ensino de Física e interdisciplinaridade: possibilidades a partir da experimentação. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 117–138, 2011. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica.

AZEVEDO, F. S.; BAZZO, W. A. Filosofia da tecnologia: questões conceituais e metodológicas. Florianópolis: UFSC, 2011.

BATCHELOR, G. K. An Introduction to Fluid Dynamics. Cambridge: Cambridge University Press, 1967.
BATCHELOR, G. K. An introduction to fluid dynamics. Cambridge: Cambridge University Press, 1967. p. 210–215.

BEHRENS, Marília de Souza. Ensino de Física e metodologias ativas: o protagonismo do estudante na aprendizagem significativa. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2020.

BEICHNER, R. J. The Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs (SCALE-UP) Project. Research-Based Reform of University Physics, v. 1, n. 1, 2007.

BEZERRA, M. J. S. Análise de movimentos com o software Tracker. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - UFRN, 2019.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br.

BRASIL. Ministério da Educação. Base nacional comum curricular. Brasília, DF: MEC, 2018.
BROWN, D. Video modeling: combining dynamic model simulations with traditional video analysis. **American Journal of Physics**, v. 80, n. 1, 2012.

CARVALHO, A. (em inglês). M. M. (Reuters) - M. P. et al. **Ensino de Ciências**: Unindo a Pesquisa e a Prática- A.São Paulo: Cengage Learning, 2009.

COLL, César; VALLS, Eva. **Ensino e aprendizagem: uma abordagem construtivista**. Porto Alegre: Artmed, 2020.

COSTA, Elenara. Fundamentos teóricos para o ensino de Física no MNPEF: aplicações da aprendizagem significativa. **Caderno de Pesquisa em Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 25-39, 2020.

DEMO, Pedro. **Metodologias ativas e tecnologias digitais na educação básica**. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2022.

FEFFERMAN, Charles L.; MCCORMICK, Stephen. **Existence and smoothness of the Navier–Stokes equation**. Cambridge: Clay Mathematics Institute, 2000. p. 1–2. Disponível em: https://www.claymath.org/millennium-problems/navier%E2%80%93stokes-equation. Acesso em: 14 jun. 2025.

GARCIA, Rafael A.; LIMA, Marcos R.; SOUZA, Fernanda P. Aplicação de softwares de análise de vídeo no ensino experimental de Física: uma abordagem prática para o aprendizado de conceitos cinemáticos e dinâmicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 40, n. 3, e3403, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-03403. Acesso em: 4 jun. 2025.

JACKSON, Derek; LAUNDER Brian. Osborne Reynolds and the Publication of His Papers on Turbulent Flow. Disponível em:. Acesso em: 08 de abr. 2008.

LANDAU, L. D.; LIFSHITZ, E. M. **Fluid Mechanics**. 2nd ed. Oxford: Pergamon Press, 1987. 539 p. (Course of Theoretical Physics, v. 6).

MAZZOLINI, José Roberto; SANTOS, Ana Paula dos. Experimentação de baixo custo no ensino de Física: estratégias para a inclusão e o engajamento dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 41, n. 1, e4101, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-04101. Acesso em: 4 jun. 2025.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teoria da Aprendizagem Significativa:** contribuições para a organização do ensino. Campinas: Autores Associados, 2021.

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2019.

MUNSON, B. R. et al. **Fundamentals of Fluid Mechanics**. 7. ed. Hoboken: Wiley, 2013. OECD (2023).

PISA 2022 Results (Volume I): **The State of Learning and Equity in Education**. Onde encontrar: https://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2022-results.htm

OLIVEIRA, C. R.; SANTOS, L. M. A precarização do trabalho docente em Física no Brasil: entre a sobrecarga e a desvalorização. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, e20220063, 2022, p. 5.

OLIVEIRA, T.J. et al. (2022). Vegetable Oil Rheometry: Combining Stokes Method with Dye Tracking**, Journal of Food Engineering**, 333, 111492.

PAIS, A. **O Professor de Ciências na Era Digital**. Cortez Editora, 2015, p.33.

PAPERT, Saymour. **A máquina das crianças**: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artes Médicas, 2009.

GARCIA, Paulo Sergio. **Formação docente na escola: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2023.

MACEDO, Lino de**. Aprendizagem autônoma: estratégias e sequências didáticas**. 1. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2022.

PEDUZZI, S. S.; PEDUZZI, L. O. Q.; COSTA, S. C. C. ***Editorial***. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. 1, set. 2012. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175- 7941.2011v28n2p271/19077 - Acesso em 01/05/2020.

PERRY, R. H.; GREEN, D. W. **Manual de Engenharia Química**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. v. 2

PIMENTA, Selma Garrido; LIMA, Maria Socorro Lucena. **Estágio e Docência**. 8ºed. São Paulo: Cortez, 2017.

PRENSKY, M. **Educação para um Mundo Digital**. 3. ed. São Paulo: Senac, 2023, p. 45.

RAFFEL, M.; WILLERT, C. E.; SCARANO, F.; et al. **Particle image velocimetry: a practical guide.** 3. ed. Cham: Springer, 2018. p. 157.

REYNOLDS, Osborne. An experimental investigation of the circumstances which determine whether the motion of water shall be direct or sinuous, and of the law of resistance in parallel channels. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 174, p. 935–982, 1883.

REZENDE, Bruno Diniz Faria; ALVARENGA, Karly Barbosa. STEAM na Educação em Ciências e Matemática: uma análise dos principais estudos sobre a abordagem. **Revemop, Ouro Preto,** v. 5, e202321, p. 1–21, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/376850540. Acesso em: 4 jun. 2025. researchgate.net.

ROBINSON, J. C.; RODRIGO, J. L.; SADOWSKI, W. **As equações de três dimensões: teoria clássica da história.** Cambridge: Cambridge University Press, 2022. p. vii. Tradução de The Three-Dimensional Equations: Classical Theory of History.

RODRIGUES, M. A.; CARVALHO, P. S. Tecnologias Digitais no Ensino de Física: formação e prática docente. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.42, e20200235, 2020, p.

SANTOS, C. A. O impacto do pensamento de Feynman na educação científica brasileira. *In:* **Anais do XXV Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2022, p. 45. Disponível em: https://www.sbfisica.org.br/v1/snef/xxv/.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. A visão dos estudantes sobre densidade: uma análise do conhecimento dos alunos sobre esse conceito. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 8, n. 2, p. 213–226, 2002.Disponível em: https://www.scielo.br/j/ciedu.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química**: compromisso com a cidadania. 4ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2010.

SILVA, C. L.; SOUZA, M. F.; FILHO, S. R.; SILVA, L. F; RIGONI, A. C. C. Atividade física de lazer e saúde: uma revisão sistemática. Mudanças – **Psicologia da Saúde**, v. 25, n.1, p. 57-65, 2017.

SILVA, C. R.; Pereira, M. V. O impacto das críticas de Feynman no ensino de física brasileiro: 70 anos depois. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 44, e20220123. 2022.

SILVA, L. R. **O ensino de Física no Brasil pós-Feynman: avanços e paradoxos**. 2022, 78f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

SILVA, R. T. Feynman, a BNCC e o Ensino de Ciências: Diálogos Possíveis**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, n. 3, 2022.

SILVA, R.; CARVALHO, P. **Metodologias Ativas no Ensino de Física Moderna**. São Paulo: Livraria da Física, 2022.

SIQUEIRA, L. de S., FERREIRA, R. B. G., SANTOS, A. S. dos, MENDONÇA, B., MAGALHÃES, R. M. R. de.; SILVA JÚNIOR, J. C. da. Corrida da cinemática: o uso da cultura maker no ensino médio. *In:* **Anais do IV Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia**. 2023. Disponível em: https://www.even3.com.br/anais/cobicet2023/637672-corrida-da-cinematica--o-uso-da-cultura-maker-no-ensino-medio/.

SOUZA, L.; FERREIRA, M. **A crise da experimentação no ensino de física**: um diagnóstico nacional. São Paulo, 2024.

SQUIRES, T.M. & QUAKE, S.R. 2023. Microfluidics: Fluid Physics at the Nanoliter Scale, **Reviews of Modern Physics,** v. 95, n. 2, 2023.

TOKES, G. G**.** On the Effect of the Internal Friction of Fluids: Transactions of the Cambridge **Philosophical Society,** v. 9, p. 8-106, 1985.

TEIXEIRA, E. S.; BARROS, J. D. 2023. Novos Paradigmas no Ensino de Física: Da Teoria à Prática Inovadora. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, e20230245, 2023.

TEODORO, V. D.; VALENTE, M. O. Modellus, modelação matemática nas ciências Físicas e renovação do currículo. **Inovação**. V. 14, n.3, 2001. Resumo disponível em: < http://www.iie.minedu.pt/edicoes/ino/ino14-3/index.htm >. Acesso em: 2 fev. 2005.

THORNTON, R. K.; SOKOLOFF, D. R. Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation. **American Journal of Physics**, v. 66, p. 338-352, 1998.

TRALLERO, C. et al. Advanced Experimental Techniques in Viscosity Measurements. **Journal of Fluid Mechanics Research**, v. 48, n. 2, p. 109-128, 2021. DOI: 10.1016/j.jfmr.2021.03.005.

VALENTE, J. A. **As tecnologias digitais e a educação**: novos paradigmas para ensinar e aprender. 3. Ed. São Paulo: Cortez, 2022.

VALENTE, José Armando. **Metodologias ativas no ensino de ciências**: desafios e perspectivas. São Paulo: Editora Ciência Moderna, 2019.

VARGHESE, S.S., Frankel, S.H.; FISCHER, P.F. High-Fidelity Visualization of Low-Reynolds Sphere Wakes Using Refractive Index Matching. **Experiments in Fluids**, v. 64, n. 4, p. 30-78, 2023. DOI: 10.1007/s00348-023-03618-7.

VIEYRA, R. E.; CHAIN, C. F. Smartphone Video Analysis for Introductory Physics: Tracker Applications in the Classroom. **The Physics Teacher**, v. 58, n. 3, p. 144-147, mar. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1119/1.5145403.

VIEYRA, R. E.; CHAIN, C. F. Smartphone Video Analysis for Introductory Physics. **The Physics Teacher**, v. 58, n. 3, 2020.

VIEYRA, R. E.; *et al*. The role of video analysis in teacher professional development. **The Physics Teacher,** v. 53, p. 361-365, 2015.

VIGOTSKI, L.S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

WHITE, F. M. **Mecânica dos Fluido**s. 6. ed. São Paulo: AMGH, 2006.

WHITE, F. M.; CORFIELD, I. **Advanced Fluid Mechanics**: Concepts and Applications. 3rd ed. Cambridge: Academic Press, 2022. p. 112.

WHITE, Frank M. **Mecânica dos Fluidos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

WHITE, Frank M. **Mecânica dos Fluidos**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2018.

ZARA, R. Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de física. *In*: **Encontro Nacional De Informática E Educação**, 2., 2011, Cascavel. Anais. Cascavel: UNIOESTE, 2011. p. 265-272.

ZHENG, X.; ANDERSSON, H.I. **Osborne Reynolds at 180:** The Enduring Legacy of Dimensional Analysis in Turbulence Research", Annual Review of Fluid Mechanics, v.55, 2023.

APÊNDICES – PRODUTO EDUCACIONAL

Produto Educacional

SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM VISCOSÍMETRO DE STOKES E SOFTWARE TRACKER: Uma proposta para o Ensino de Fluidos no ensino médio sob a perspectiva da aprendizagem significativa

ADLAS OLIVEIRA DOS ANJOS | oadlas@yahoo.com | MNPEF/Universidade Federal do Amazonas
FERNANDO ALBUQUERQUE LUZ | fernandoaluz@gmail.com | MNPEF/Universidade Federal do Amazonas
TIAGO GONÇALVES SANTOS I gstiago@ufam.edu.br | MNPEF/Universidade Federal do Amazonas

Resumo

Este estudo propõe uma sequência didática inovadora para o ensino de tópicos de Mecânica (queda livre, leis de Newton e hidrostática) no Ensino Médio, integrando o viscosímetro de Stokes e o software *Tracker* como ferramentas tecnológicas. A pesquisa investiga como essa abordagem experimental-computacional pode promover aprendizagem significativa em Física. Fundamentada na teoria de Ausubel e na metodologia ativa de ensino por investigação, a proposta visa superar as limitações das abordagens tradicionais, aproximando os conceitos físicos da realidade dos estudantes. Metodologicamente, o trabalho adota uma abordagem qualiquantitativa, envolvendo: (1) aplicação de questionários diagnósticos; (2) realização de experimentos com o viscosímetro para determinação da viscosidade de fluidos; (3) análise de movimentos através do *Tracker*; e (4) avaliação pós-intervenção. Os resultados esperados incluem a melhoria na compreensão conceitual, o desenvolvimento de habilidades de análise de dados e a autonomia no uso de tecnologias educacionais. A pesquisa contribui para a discussão sobre metodologias ativas no ensino de Física, oferecendo uma alternativa viável para a renovação das práticas docentes.

1.INTRODUÇÃO

O ensino de Física no nível médio enfrenta desafios persistentes relacionados à transposição didática de conceitos abstratos, como os fenômenos mecânicos envolvendo fluidos, movimento e forças. Tradicionalmente baseado em abordagens expositivas e descontextualizadas, esse processo frequentemente resulta em aprendizagem superficial e desinteresse discente (Krasilchik, 2016). Nesse contexto, a incorporação de metodologias ativas que articulam experimentação e tecnologias digitais surge como estratégia promissora para promover engajamento e compreensão conceitual (MOREIRA, 2011).

Este trabalho insere-se nessa perspectiva ao propor uma sequência didática investigativa que integra o viscosímetro de Stokes: instrumento clássico para determinação da viscosidade de fluidos com o software *Tracker*, ferramenta computacional para análise de movimentos. A escolha desse recurso justifica-se por:

- ❖ Permitir a abordagem integrada de tópicos curriculares como queda livre, leis de Newton e hidrostática;
- ❖ Facilitarem a conexão entre modelos teóricos e evidências empíricas através de análise quantitativa de dados;
- ❖ Atenderem às diretrizes dos documentos oficiais (BNCC, 2018) que preconizam o desenvolvimento de habilidades como modelagem matemática e investigação científica.

Fundamentado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), o estudo parte do pressuposto de que a ancoragem em conhecimentos prévios e a manipulação concreta de fenômenos físicos potencializam a construção de conhecimentos robustos. Adota-se como problema de pesquisa: Quais as contribuições de uma abordagem didática combinando experimentação com o viscosímetro de Stokes e análise computacional via *Tracker* para a aprendizagem significativa de conceitos de mecânica no ensino médio?

A relevância acadêmica do trabalho reside em:

• oferecer subsídios para a superação do ensino tradicional por meio de uma proposta testada empiricamente;

• demonstrar a viabilidade pedagógica da integração entre instrumentação clássica e tecnologias digitais;

• contribuir com o arcabouço de pesquisas em Ensino de Física no âmbito do MNPEF.

A metodologia combina abordagens qualitativas e quantitativas, incluindo análise de produções discentes, gravações experimentais e aplicação de pré e pós-testes. Os resultados esperados englobam tanto ganhos conceituais mensuráveis quanto o desenvolvimento de habilidades científicas, conforme preconizado por Hodson (1994) na perspectiva do learning science by doing Science.

2. APORTE TEÓRICO

Este trabalho tem como objetivo estabelecer os fundamentos epistemológicos e metodológicos para a integração sistemática de atividades experimentais e recursos tecnológicos no ensino de Física, conforme preconizado pelas diretrizes do MNPEF.

Este estudo estrutura-se em três pilares teóricos essencialmente articulados: a aprendizagem significativa de Ausubel (2000), que fornece o substrato cognitivo para a assimilação de conceitos físicos; a abordagem investigativa (Bybee, 2006), que orienta a metodologia experimental; e a teoria da mediação instrumental (Rabardel, 1995), que fundamenta o uso pedagógico do software *Tracker*. Tal arcabouço teórico justifica-se pela necessidade de superar as limitações do ensino tradicional de Física, propondo uma alternativa didática que integra coerentemente experimentação com o viscosímetro de Stokes e análise computacional de dados.

O desenvolvimento conceitual aborda sistematicamente os fenômenos físicos envolvidos - particularmente a dinâmica de fluidos e as forças intervenientes (peso, empuxo e arrasto viscoso) - mediante uma progressão didática que parte dos conhecimentos prévios dos estudantes até a formalização matemática dos conceitos. A sequência didática proposta articula-se com as competências específicas da área de Ciências da Natureza na BNCC, particularmente no que tange à construção de modelos explicativos e à análise de dados experimentais.

A metodologia adotada enfatiza o caráter integrador entre a manipulação concreta do viscosímetro e a modelagem computacional no *Tracker*, configurando-se como uma estratégia pedagógica alinhada às diretrizes do MNPEF para o desenvolvimento de produtos educacionais. Esta abordagem visa não apenas a compreensão conceitual, mas também o desenvolvimento de habilidades científicas, como a análise quantitativa de fenômenos físicos e a interpretação crítica de resultados experimentais.

Este estudo se alicerça em três pilares teóricos inter-relacionados que sustentam a integração entre experimentação e tecnologias digitais no ensino de Física. Do ponto de vista epistemológico, adota-se a perspectiva bachelardiana que concebe o conhecimento científico como construção mediada pela articulação entre teoria e prática, demandando abordagens didáticas

que superem o modelo tradicional expositivo (Bachelard, 1996). Pedagogicamente, fundamenta-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2000), que enfatiza a importância da ancoragem em conhecimentos prévios, e no ensino por investigação (BYBEE, 2006), propondo atividades que simulam o fazer científico. Do ponto de vista tecnológico, adota-se a concepção de Jonassen (2007) sobre ferramentas cognitivas, onde o software *Tracker* atua como instrumento de mediação semiótica para análise quantitativa de fenômenos físicos.

A proposta justifica-se pela necessidade de: (1) superar as limitações do ensino tradicional frente às demandas da geração digital (Prensky, 2001); (2) promover a alfabetização científica através de metodologias ativas que integram experimentação com o viscosímetro de Stokes e modelagem computacional; e (3) atender às competências da BNCC para Ciências da Natureza, particularmente no desenvolvimento de habilidades investigativas. A metodologia desenvolvida, alinhada às diretrizes do MNPEF, oferece um modelo replicável de sequência didática que articula conceitos de mecânica dos fluidos com análise de dados, contribuindo tanto para a formação conceitual quanto para o desenvolvimento do pensamento científico.

O presente estudo estrutura-se em um referencial teórico multidimensional que articula criticamente as contribuições das principais teorias educacionais com os desafios impostos pela sociedade digital. Partindo do princípio vygotskiano da mediação instrumental (Vygotsky, 2007), compreendemos as tecnologias digitais como ferramentas psicológicas que ampliam as possibilidades de desenvolvimento cognitivo quando adequadamente integradas ao processo educativo. Esta perspectiva dialoga com a abordagem freireana (Freire, 2018), que enfatiza a necessidade de uma pedagogia problematizadora capaz de promover a leitura crítica do mundo digital, evitando tanto a rejeição acrítica quanto a adoção ingênua das tecnologias na educação.

A fundamentação teórica apoia-se em três eixos complementares:

Eixo Sociocognitivo: Integra os princípios da aprendizagem situada (Lave; Wenger, 1991) com a teoria da carga cognitiva (Sweller, 2011), propondo desenhos instrucionais que otimizem o uso de recursos tecnológicos sem sobrecarregar os processos cognitivos.

Eixo Tecnopedagógico: Combina os princípios da aprendizagem multimídia (Mayer, 2009) com a abordagem das ferramentas cognitivas (Jonassen, 2007), estabelecendo critérios para a seleção e uso pedagógico de softwares educacionais.

Eixo Crítico-Reflexivo: Incorpora as contribuições da pedagogia crítica (Giroux, 1997) e dos estudos sobre letramento digital (Coscarelli, 2016), enfatizando a formação de sujeitos capazes de navegar criticamente no ecossistema digital.

Na obra Pedagogia do Oprimido, Paulo Freire (1996) estabelece uma crítica fundamental ao modelo tradicional de ensino, que denomina "educação bancária". Nessa perspectiva, o processo educativo é comparado a uma transação financeira, em que o professor assume o papel de depositante do conhecimento, enquanto o aluno figura como mero receptor passivo – um "depositário" de informações (Freire, 1996, p. 60). Essa dinâmica, segundo o autor, reduz os educandos a seres de adaptação, cuja principal função é armazenar conteúdo sem reflexão crítica, em vez de se tornarem agentes transformadores da realidade.

Vale ressaltar que o cerne da crítica freireana reside na passividade inerente a esse modelo. Quanto mais os estudantes se exercitam no "arquivamento dos depósitos" – isto é, na memorização acrítica de informações –, menos desenvolvem uma consciência crítica capaz de levá-los a intervir no mundo como sujeitos ativos (Freire, 1996). Essa abordagem, portanto, perpetua uma lógica de dominação, na qual a educação serve à manutenção do status quo, em vez de promover emancipação intelectual e social.

Em contrapartida, Freire propõe uma pedagogia libertadora, fundamentada no diálogo e na problematização do conhecimento. Nesse paradigma, professor e aluno constroem saberes por meio de uma relação horizontal, onde o aprendizado se torna um ato político e transformador. Essa visão ressalta a importância de metodologias ativas que estimulem o pensamento crítico, em oposição à mera reprodução de conteúdo. Assim, a reflexão freireana serve como base para repensar práticas pedagógicas, destacando que uma educação verdadeiramente transformadora deve priorizar a autonomia intelectual e a capacidade de intervenção social dos estudantes.

O cenário atual do Ensino de Física apresenta um paradoxo: embora existam recursos tecnológicos e metodológicos avançados disponíveis, como o software *Tracker* – utilizado neste estudo –, ainda persiste em muitas salas de aula uma abordagem tradicional, centrada exclusivamente em métodos expositivos. Essa realidade evidencia a necessidade de sensibilização docente para a adoção de práticas pedagógicas inovadoras, que superem o modelo convencional baseado unicamente em quadros, giz e aulas teóricas descontextualizadas, o que marginaliza o aluno como sujeito ativo no processo de aprendizagem (Freire, 1996; Hodson, 1994).

Em síntese, a transformação do Ensino de Física depende da ação reflexiva do professor, que deve assumir o papel de mediador entre o conhecimento científico e as novas gerações, utilizando recursos tecnológicos e metodologias inovadoras para formar aprendizes autônomos e críticos.

2.1 fundamentos teóricos relacionados ao uso de experimentos e software nas aulas de física básica

Iremos analisar como as teorias da educação podem contribuir para que o conhecimento possa ser construído por um indivíduo. Pois, já é observado que a realidade da educação cotidiana é bastante influenciada por uma nova sociedade que já manipula essas novas tecnologias, e que acaba por formar novos discentes que estão cada dia mais adaptados à smartphones, software e computadores conectados à internet.

Por outro lado, o uso de toda essa tecnologia para a educação tem que ser feito de forma séria e profissional, não deixando que tal ferramenta acabe tirando o foco e concentração dos estudantes não hora de utilizar esses conhecimentos, depois de fazer o experimento e ver através de gráficos e animações. O processo de ensino-aprendizagem deve tratar da mudança do comportamento e dos pensamentos de um indivíduo, mas que o mesmo deva refletir sobre as suas atitudes e do seu papel desempenhado na sala de aula e na sociedade. Paulo Freire afirma ainda que:

> [...] não é de estranhar, que nesta visão "bancária" da educação os homens sejam vistos como seres de adaptação, do ajustamento quando mais se exercitam os educandos no arquivamento dos depósitos que lhes são feitos, tanto menos desenvolverão em si a consciência crítica que resultaria a sua inserção no mundo como transformadores dele! Como sujeitos (Freire, 1996, p.60).

Nesse aspecto, percebe-se que atualmente tem-se práticas e tecnologias potencialmente disponíveis para o Ensino de Física, uma delas o *Tracker* que será usado neste trabalho. É necessário ter a iniciativa de sensibilizar a classe de docentes, pois, ainda pode-se encontrar alguns educadores que ainda usam o método como única forma de ensino frente a uma sala de aula, em que ministram aula apenas com lousa, giz e esquecendo que o aluno também é o protagonista nesse processo.

Nesse contexto, pode-se ver que é necessário oportunidades de aulas práticas ou uso de demonstrações de experiências, afim de fazer essa junção entre a teoria e a prática, usando experimentos de baixo custo e software para que se possa alcançar um ensino de qualidade. É necessário que haja uma sensibilização do professor para usar práticas mais inovadoras, onde o mesmo possa debater e incluir as metodologias e as práticas tecnológicas na sua prática de ensino. Um exemplo são as sequências didáticas que facilitam o ensinar e o aprender, e desta forma, fazer com que o aluno adquira conhecimento, e criem junto com o professor, mecanismos de aprendizagem.

3. METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem metodológica mista (QUAN-QUAL), seguindo os pressupostos de Creswell e Clark (2017), que permite a integração sistemática de métodos quantitativos e qualitativos para uma compreensão abrangente do fenômeno investigado. A opção por este delineamento justifica-se pela natureza complexa do objeto de estudo: a eficácia de uma sequência didática mediada por tecnologias no ensino de Física que demanda tanto a mensuração de resultados de aprendizagem quanto a compreensão dos processos cognitivos e interacionais envolvidos.

A triangulação metodológica segue o modelo explanatório sequencial (creswell, 2010), com fases distintas para coleta e análise de dados quantitativos e qualitativos, integradas na fase interpretativa final. Complementarmente, realiza-se uma revisão sistemática da literatura conforme protocolo PRISMA (Page et al., 2021), abrangendo produções científicas dos últimos dez anos sobre: (a) ensino de Física com tecnologias digitais; (b) uso pedagógico do software *Tracker;* e (c) metodologias ativas em Ciências Naturais.

Os critérios de validade e confiabilidade incluem: para os dados quantitativos, testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e consistência interna (Alfa de Cronbach); para os qualitativos, triangulação entre pesquisadores e validação por membros; e para a revisão sistemática, aplicação rigorosa dos critérios de inclusão/exclusão e avaliação por pares independentes. Este desenho metodológico atende às exigências do MNPEF para pesquisas aplicadas em ensino de Ciências, garantindo rigor científico e relevância educacional.

Os sujeitos da pesquisa assumem papel central em investigações científicas, constituindo-se como fontes primárias para coleta de dados e informações. No âmbito deste estudo, optou-se pela seleção de discentes de uma instituição de ensino pública localizada no município de Coari/AM. Essa delimitação justifica-se pela necessidade de alinhamento aos objetivos da pesquisa, que visam compreender as experiências discentes no contexto da implementação do novo paradigma do ensino médio em realidade socioeducacional específica.

A investigação foi conduzida em uma escola pertencente à rede estadual de ensino de Coari/AM. A coleta de dados ocorreu por meio de trabalho de campo realizado em duas turmas do 1° ano do Ensino Médio, abrangendo um universo amostral de 60 alunos. Ressalta-se que o projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, conforme Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 6.764.725, emitido em 15 de abril de 2024, garantindo o cumprimento dos preceitos éticos estabelecidos pela Resolução CNS nº 510/2016.

Após a aprovação institucional pelos órgãos competentes, deu-se início ao planejamento sistemático da coleta de dados, priorizando a transparência metodológica e a acessibilidade dos

participantes. A fase preliminar consistiu na elaboração de um instrumento de pesquisa estruturado, composto por questões objetivas e discursivas, delineado com o intuito de diagnosticar o repertório cognitivo prévio dos discentes e analisar suas percepções em relação ao objeto de estudo, tanto em sua condição inicial quanto após a implementação da sequência didática (SD).

O procedimento adotou um delineamento comparativo, organizado em dois momentos distintos: Pré-intervenção: Aplicação do questionário antes da implementação da SD, com o propósito de estabelecer uma linha de base (baseline) sobre o conhecimento e as percepções dos participantes, Pós-intervenção: Reaplicação do instrumento após a conclusão das atividades, permitindo a avaliação do impacto da metodologia mediante análise contrastiva dos dados.

A aplicação dos questionários ocorreu em horários previamente agendados, em ambientes físicos adequados às condições ideais de concentração e livre de interferências externas. O aplicador, devidamente capacitado, atuou como facilitador neutro, limitando-se a orientações técnicas sem indução de respostas, de modo a preservar a validade interna do estudo.

Os dados coletados foram armazenados em conformidade com protocolos de segurança e sigilo, assegurando a confidencialidade dos participantes. Durante a etapa de análise preliminar, identificou-se a potencial necessidade de complementação amostral (return-to-field), estratégia adotada para sanar inconsistências ou lacunas informacionais, reforçando assim a robustez dos dados.

Quadro 1. Resumo das aulas: atividades desenvolvidas durante a Sequência Didática.

Aula	Descrição da etapa	Objetivo pedagógico	Recursos utilizados	Metodologia aplicada
1	Aplicação de questionário diagnóstico com 8 perguntas abertas; apresentação da proposta.	Identificar conhecimentos prévios e motivar os alunos para o estudo do tema.	Questionário impresso, quadro, slides.	Aprendizagem significativa (Ausubel) e contextualização e sensibilização.
2	-Pesquisa orientada em laboratório de informática; elaboração de roteiro experimental pelos alunos; -Execução do experimento pelo professor com filmagem do procedimento; discussão coletiva.	-Desenvolver autonomia na investigação científica e no planejamento de experimentos; -Apresentar o fenômeno físico e demonstrar o conceito de viscosidade.	-Computadores com acesso à internet; -Viscosímetro artesanal, câmera, quadro.	-Metodologias ativas; pesquisa guiada; -Aula demonstrativa, observação ativa.

3	-Realização do experimento pelos alunos em grupo, com filmagem da prática; -Repetição do experimento de forma autônoma, com base no roteiro.	-Estimular protagonismo estudantil e construção colaborativa do conhecimento; - Reforçar o domínio do procedimento experimental e desenvolver precisão metodológica.	-Viscosímetro, esferas, cronômetro, câmera; - Materiais do experimento, roteiro elaborado.	-Ensino por investigação, aprendizagem colaborativa; -Investigação autônoma, repetição orientada.
4	Análise dos vídeos com o software *Tracker;* elaboração de gráficos e tabelas.	Desenvolver habilidades em análise computacional de dados físicos.	Computadores, software *Tracker.*	Modelagem computacional, letramento científico.
5	Reaplicação do questionário; roda de conversa e reflexão crítica.	Avaliar o avanço conceitual e promover a metacognição.	Questionário, dados da turma, quadro.	Avaliação formativa, metacognição, comparação de resultados.

Fonte: próprio autor (2025).

Aula 1

Nesta etapa inicial, o professor contextualiza o tema “viscosidade de fluidos”, relacionando-o ao cotidiano dos alunos. Em seguida, aplica um questionário diagnóstico com 8 questões conceituais simples para avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes. Essa estratégia permite identificar os principais obstáculos de aprendizagem. Esta aula está alinhada à habilidade EM13CNT101 da BNCC, que prevê a discussão de conceitos científicos a partir de situações-problema.

Metodologia: *Aula expositiva dialogada e sondagem diagnóstica*

Avaliação da aula

A avaliação deve ser feita através da observação e interesse dos alunos quanto ao trabalho desenvolvido.

Aula 2

Essa aula deve ser realizada no laboratório de informática. Os alunos precisam ser organizados em grupos, onde realizarão uma pesquisa numa tabela de sites fornecido pelo professor sobre os conceitos de viscosidade, Lei de Stokes, software *Tracker* e as forças envolvidas no movimento de um corpo em um fluido. O professor atua como mediador, auxiliando na validação das fontes e na construção do conhecimento. Esta etapa dialoga com a habilidade EM13CNT103, que estimula a investigação e argumentação com base em dados e fontes científicas.

O professor também realiza a demonstração experimental com o uso do Viscosímetro de Stokes, montado com materiais de baixo custo, como óleo de soja, tubo de plástico e esferas de corante. A atividade é registrada em vídeo para ser utilizada posteriormente na análise com o software *Tracker*. A aula promove a discussão sobre as forças envolvidas: força gravitacional, empuxo e força de resistência viscosa. Essa atividade se relaciona com a habilidade EM13CNT104, referente à aplicação de conceitos físicos em diferentes contextos.

Quadro 2. Tabela com sites que podem auxiliar o aluno a estudar de forma independente e organizada.

SITE	DESCRIÇÃO	IDIOMA	LINK
Khan Academy	Videoaulas, exercícios e conceitos básicos de Física. Ideal para iniciantes.	Português Inglês	khanacademy.org/science/physics
Física Classroom	Explicações detalhadas, simuladores e exercícios interativos.	Inglês	physicsclassroom.com
PhET Simulations	Simulações interativas de conceitos físicos (ex.: mecânica, eletricidade).	Inglês	phet.colorado.edu
Socratica (YouTube)	Playlists com explicações animadas sobre temas de Física.	Inglês	youtube.com/Socratica
Brasil Escola	Resumos, fórmulas e conteúdo direcionado para o ensino médio e ENEM.	Português	brasilescola.uol.com.br/física
Física e Vestibular	Material teórico e questões de vestibulares com resolução comentada.	Português	fisicaevestibular.com.br
Crash Course (YouTube)	Série "Physics" com explicações dinâmicas e contextualizadas.	Inglês	Crash Course Physics
HyperPhysics	Conceitos organizados em mapas mentais (nível médio a superior).	Inglês	hyperphysics.phy-astr.gsu.edu
Manual do Mundo	Canal no YouTube com experimentos práticos de Física e ciências.	Português	youtube.com/ManualdoMundo
Física Total	Aulas em vídeo e dicas para vestibulares e ENEM	Português	fisicatotal.com.br

Fonte: O autor (2025)

Aula 3

Nesta aula os estudantes, organizados em grupos, executam o experimento sob supervisão do professor, registrando suas observações em planilhas e filmando os testes com celulares. A prática favorece a autonomia, a colaboração e o raciocínio científico. O processo desenvolve a habilidade EM13CNT106, voltada para a aplicação de modelos científicos a fenômenos observáveis no cotidiano.

Nesta aula, os alunos também repetem o experimento com maior autonomia, utilizando um roteiro previamente elaborado pelo professor com orientações técnicas claras. O objetivo é aprimorar a metodologia de coleta de dados, reforçando o pensamento sistemático e a organização experimental. Esta etapa desenvolve a habilidade EM13CNT201, ao planejar e executar experimentos com base em procedimentos científicos.

Metodologia: *Aprendizagem ativa por experimentação em grupo, experimentação guiada com roteiro científico.*

Avaliação da aula

O discente é avaliado de acordo com o grau de interesse pela prática adotada e pelo entendimento do conteúdo, que seja analisado de forma qualitativa, tomando como referência a participação da prática pedagógica.

Aula 4

Com os vídeos gravados, os grupos realizam a análise do movimento das esferas no software *Tracker*, obtendo valores da velocidade terminal. Com esses dados, aplicam a equação da Lei de Stokes para calcular a viscosidade do fluido. Essa aula incorpora a habilidade EM13CNT202, que enfatiza o uso de tecnologias digitais na resolução de problemas científicos.

Metodologia: *Uso de tecnologia digital aplicada à análise de movimento (TDIC).*

Avaliação da aula

O discente é avaliado de acordo com o grau de interesse pela prática adotada e pelo entendimento do conteúdo, que seja analisado de forma qualitativa, tomando como referência a participação da prática pedagógica.

Objetivo

Calcular a velocidade terminal de uma esfera de aço caindo numa coluna de Stokes (líquido viscoso), usando o software *Tracker*.

Quadro 3. Materiais necessários para realizar o experimento no Viscosímetro de Stockes sobre Fluidos.

Proveta de plástico	**Óleo de soja**	**Cronometro**	**Corante**	**Computador ou notebook**

Fonte: O autor (2025)

Quadro 4. Tutorial de como usar o *Tracker* na Sequencia Didática.

ETAPA	PROCEDIMENTO	FINALIDADE
1. Instalação	-Download no site oficial (*physlets.org/tracker*). - Instalação conforme sistema operacional (*Windows/macOS/Linux*).	Garantir acesso ao software com suporte estável.
2. Configuração	- Definir unidades (SI preferencialmente). - Ajustar FPS (Frames por segundos) conforme o vídeo.	Padronização métrica e sincronização temporal.
3. Importação de Vídeo	- Carregar vídeo (File → Import → Video). - Calibrar escala usando objeto de referência (ex.: régua).	Estabelecer relação pixel/metro para medições precisas.
4. Rastreamento	- Usar Create Point Mass para marcar posições. - Ativar Auto-tracking ou ajustar manualmente.	Extrair coordenadas (x, y, t) do objeto em movimento.
5. Extração de Dados	- Exportar dados (File → Export Data). - Formato: CSV ou TXT.	Permitir análise externa (Excel, Python, OriginLab).
6. Modelagem Teórica	-Inserir equações no Analytic Model. -Ajustar parâmetros via Dynamic Model Fitting.	Comparar dados experimentais com previsões teóricas.
7. Análise de Resíduos	- Plotar diferença entre dados e modelo. - Calcular desvio padrão e incertezas.	Avaliar precisão do experimento e validar hipóteses.
8. Aplicações (MNPEF)	-Queda livre: Determinar “g”. -Lançamentos: Verificar alcance e trajetória.	Contextualizar o uso em pesquisas didáticas ou investigações científicas.
9. Conclusão	- Sintetizar resultados. - Discutir limitações e vantagens do *Tracker*.	Consolidar contribuições para o ensino de Física.

Fonte: próprio autor (2025)

Aula 5

A última aula teve como objetivo reavaliar o aprendizado dos alunos. O questionário aplicado na primeira aula foi reaplicado, possibilitando a comparação quantitativa dos resultados. Em seguida, realizou-se uma roda de conversa na qual os alunos refletiram sobre a experiência, o que aprenderam e como o experimento contribuiu para a compreensão dos conteúdos. Essa etapa contribuiu com o desenvolvimento da habilidade EM13CNT301, que trata da análise crítica do conhecimento científico.

Metodologia: *Avaliação formativa e metacognição (roda de conversa).*

Avaliação da aula

O discente foi avaliado de acordo com o grau de interesse pela prática adotada e pelo entendimento do conteúdo, que seja de analisado de forma qualitativa, tomando como referência a participação da prática pedagógica.

5. **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a aplicação de um produto educacional constituído por uma sequência didática que integra experimentação com o viscosímetro de Stokes e análise de dados por meio do software *Tracker,* articulando teoria e prática no ensino de conceitos fundamentais de Física. Os resultados evidenciaram a eficácia da proposta ao promover a compreensão significativa de fenômenos físicos, como a viscosidade e o movimento de corpos em fluidos, mediante atividades investigativas que estimularam o engajamento discente e a autonomia no processo de aprendizagem.

A metodologia adotada fundamentou-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, na qual os novos conhecimentos foram ancorados em conceitos previamente estruturados pelos alunos, facilitando a assimilação e a retenção dos conteúdos. A utilização do *Tracker* permitiu a exploração quantitativa e qualitativa de dados experimentais, reforçando a relação entre modelos teóricos e evidências empíricas, em consonância com as recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) para o ensino de Ciências.

Além do aspecto conceitual, o produto destacou-se por inovação pedagógica, ao demonstrar que a integração de tecnologias digitais com experimentação tradicional potencializa a construção do conhecimento científico. As análises gráficas e a modelagem matemática dos dados aproximaram os conteúdos abstratos da realidade dos discentes, corroborando a importância de estratégias ativas para a superação de dificuldades recorrentes no ensino de Física.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. *A aprendizagem significativa*. São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Tradução de Lígia Teopisto. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 21 fev. 2022.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

DARROZ, L. M.; PÉREZ, C. A. S. Princípio de Arquimedes: uma abordagem experimental. *Física na Escola*, v. 12, n. 2, p. 28-31, 2011.

GAMOW, G. *Gravidade*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1965.

PAPERT, S. *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2009.

PEDUZZI, S.; PEDUZZI, L. O. Q.; COSTA, S. C. Editorial. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 1, p. 271, set. 2012. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n2p271/19077. Acesso em: 1 maio 2020.

SANCHO, J. *Para uma tecnologia educacional*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

SILVA, C. L.; SOUZA, M. F.; FILHO, S. R.; SILVA, L. F.; RIGONI, A. C. C. Atividade física de lazer e pensamento e linguagem. *Mudanças: Psicologia da Saúde*, v. 25, n. 1, p. 57-65, 2017.

SILVA, N. C. *Laboratório virtual de física*. Disponível em: http://www.fsc.ufsc.br/~ccf/parcerias/ntnujava/index-port.html. Acesso em: maio 2011.

VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: UMA SEQUENCIA DIDÁTICA SOBRE VISCOSIMETRO DE STOKES E SOFTWARE TRACKER COMO FERRAMENTAS DE APRENDIZAGEM DE FISICA BÁSICA

Pesquisador: AD LAS OLIVEIRA DOS ANJOS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 82606624.9.0000.5020

Instituição Proponente: Instituto de Saúde e Biotecnologia - ISB

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.038.964

Apresentação do Projeto:

Nos últimos anos, percebe-se que existe uma defasagem na prática pedagógica dos professores de Física das escolas públicas de ensino, onde, na maioria das vezes, o conteúdo que se ministra em sala de aula está longe da realidade do aluno e de sua vivência, ou seja, são aulas voltadas para a memorização de fórmulas, na qual, muitas vezes, o aluno não consegue enxergar onde utilizá-la em seu cotidiano., Dessa forma, é necessário uma mudança no método adotado pela maioria dos professores de Física, afim de haver mudança no cenário educacional para um método mais prazeroso e significativo ao aluno. As aulas de Física, se apresentam aos alunos predominantemente teóricas, apenas com aulas expositivas, exercícios repetitivos, sem atratividade, o que torna o estudo cansativo e desestimulante para os discentes, impulsionando a um ensino estático da disciplina (SILVA, OLIVEIRA, CRUZ, 2016; FERNANDES, 2008). Nesse sentido, os estudantes ficam envoltos no processo de apenas memorização de fórmulas, desvinculado de situações reais. Entende-se que o método tradicional, muito usado pelos professores de Física, é um método de ensino voltado para uma realidade passada, onde o contexto e a realidade são diferentes da que estamos vivenciando nesse momento. vale lembrar que, muitos desses professores que hoje estão no cotidiano da escola tiveram aulas com professores que adotavam esse método de ensino, mas, com a evolução da ciência e as mudanças que o mundo passa, é preciso mudar, para assim, a escola se tornar um ambiente atrativo ao aluno e o ensino, especificamente, de Física, deve ser

Justificativa de Ausência	TALE.pdf	10/07/2024 10:48:09	AD LAS OLIVEIRA DOS ANJOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	10/07/2024 10:47:45	AD LAS OLIVEIRA DOS ANJOS	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

MANAUS, 28 de Agosto de 2024

Assinado por:
Eliana Maria Pereira da Fonseca
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Teresina, 4950
Bairro: Adrianópolis **CEP:** 69.057-070
UF: AM **Município:** MANAUS
Telefone: (92)3305-1181 **E-mail:** cep.ufam@gmail.com

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE SAÚDE E BIOTECNOLOGIA

UFAM

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Para crianças e adolescentes (maiores que seis anos e menores de 18 anos) e para legalmente incapaz.

Eu, Adlas Oliveira dos Anjos, convido você para participar no Projeto intitulado: UMA SEQUENCIA DIDÁTICA SOBRE VISCOSIMETRO DE STOKES E SOFTWARE TRACKER COMO FERRAMENTAS
DE APRENDIZAGEM DE FISICA BÁSICA. Informo que seu pai/mãe ou responsável legal permitiu a sua participação. Pretendendo saber quais conhecimentos de hidrostática você já tem. Gostaria muito de contar com você, mas você não é obrigado a participar e não tem problema se desistir. Outros adolescentes participantes desta pesquisa têm de (15) anos de idade a (17) anos de idade. A pesquisa será feita na (na sua escola), onde os participantes (adolescente) (Responderão o questionário com algumas perguntas sobre conceitos de hidrostática. Para isso, será usado/a (o questionário quanti-qualitativo fechado), ele é considerado
(a) seguro (a), mas é possível ocorrer (riscos mínimos/previsíveis.). Caso aconteça algo errado, você, seus pais ou responsáveis poderão me procurar pelos contatos que estão no final do texto. A sua participação é importante. Está pesquisa será realizada através de um estudo que integra uma sequência didática, coleta de dados por meio do experimento realizado sobre viscosímetro de Stokes, software *tracke*r e análise de dados estatísticos). As suas informações ficarão sob sigilo, ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falarei a outras pessoas, nem darei a estranhos as informações que você me der. Os resultados da pesquisa serão publicados (em artigos científicos), mas sem identificar (dados pessoais, vídeos, imagens e áudios de gravações) dos participantes (crianças/adolescentes).

CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO

Eu _____, aceito participar da pesquisa (A importância do Ensino da Astronomia no desenvolvimento do pensamento crítico dos Alunos do 1 ano do Ensino Médio da Escola CETI).
Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir e que ninguém vai ficar com raiva/chateado comigo. Os pesquisadores esclareceram minhas dúvidas e conversaram com os meus pais/responsável legal. Recebi uma cópia deste termo de assentimento, li e quero/concordo em participar da pesquisa/estudo.

_____, ____de
_____de 2024.

_____ Assinatura do menor

_____ Assinatura do pesquisador responsável

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:	
Pesquisador(a) Responsável: Adlas Oliveira dos Anjos	Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Amazonas
Rua:> Ruas dos professores, n. 6 Santa Efigênia CEP: 69460-000 □: 92992943090 E-mail: oadlas@yahoo.com	Instituto de Saúde e Biotecnologia ISB □ 3561-2363 E-mail: gabinete.ufam@ufam.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE SAÚDE E BIOTECNOLOGIA

UFAM

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o(a) aluno(a) _____ do 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual do Tempo Integral Manuel Vicente Ferreira Lima- CETI, para participar no Projeto intitulado: UMA SEQUENCIA DIDÁTICA SOBRE VISCOSIMETRO DE STOKES E SOFTWARE TRACKER COMO FERRAMENTAS DE APRENDIZAGEM DE FISICA BÁSICA Trata-se de um projeto de mestrado profissional em ensino de física que será realizado com a orientação do professor Doutor, Thiago Santos Gonçalves, docente, lotado no Instituto de Saúde e Biotecnologia UFAM/Coari, Estrada Coari Mamiá, 305, Espírito Santo, fone: 3561-2363 – e-mail: gstiago@ufam.edu.br juntamente com o discente Adlas Oliveira dos Anjos. O estudo tem como Objetivos Geral: Desenvolver uma sequência didática (produto educacional) através do viscosímetro de stokes, e com o uso do simulador Tracker, de forma a desenvolver uma ancoragem mais efetiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio do aluno, avaliando, desta forma, novas possibilidades de aprendizagem significativa de Ausubel, da Escola CETI-Coari-AM. Específicos: Fazer os gráficos no Tracker, e ensinar os alunos a interpreta-los a partir dos vídeos feitos na etapa anterior, uma vez que através desses gráficos poderá se visualizar a trajetória do corpo dentro do fluido; Desenvolver nos alunos independência na utilização do software Tracker; Aplicar o segundo questionário, de forma a verificar depois da elaboração dos gráficos, a partir das respostas dos alunos se houve aprendizado no decorrer da aplicação da sequência didática.Informamos que toda pesquisa com seres humanos envolve riscos, no caso deste estudo, por se tratar de uma pesquisa qualitativa, corre-se o risco de se chegar a uma conclusão que não traduza, de modo fiel, a realidade dos fatos caso haja a negação do entrevistado em fornecer as informações que deverão compor o quadro de análise do objeto pesquisado por se sentir intimidado, fato que poderá ocorrer se não forem bem compreendidos pelos participantes os objetivos da pesquisa. Como forma de minimizar tais riscos, a pesquisadora e sua equipe se comprometem a dirimir todas as dúvidas que, porventura, venham ocorrer no momento da aplicação dos instrumentos aos participantes. É importante informar que na ocorrência de algum dano físico e/ou material no momento da coleta dos dados junto aos participantes, será assegurado a estes o direito a indenização e cobertura material para reparação do dano, de acordo com a Resolução CNS nº466 de 2012, IV.3.h, IV.4.c e V.7.Em relação aos benefícios acredita-se que são muitos pois os dados e informações obtidos durante a pesquisa de campo serão sistematizados na composição final deste estudo de dissertação no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Fisica, e poderão servir de ponto de partida para o aprofundamento da temática. Ao final do estudo, há o compromisso com a divulgação dos resultados no sentido de que os dados alcançados possam servir de base para novas reflexões e avanços na área.Em havendo concordância para participar desse estudo, este TCLE será lido pelo pesquisador e posteriormente assinado em duas vias, ficando uma em poder do participante. Mediante o consentimento, o participante fica ciente de que não serão realizadas filmagens ou fotografias que possibilitem a sua identificação. O participante não terá nenhuma despesa e não receberá nenhuma remuneração pela participação descrita neste documento. Os

resultados do estudo serão analisados e publicados, mas a identidade do participante será mantida em sigilo. Para qualquer outra informação, o(a) participante poderá entrar em contato com o pesquisador no Instituto de Saúde e Biotecnologia – Campus do Médio Solimões/Coari situado a Estrada Coari-Mamiá, 305, Espírito Santo, ou pelos telefones: (97) 99171-0899, ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Amazonas – CEP/UFAM, Rua Teresina, nº4950, Bairro Adrianópolis, Fone: (092)33055130 – Manaus-Amazonas – CEP 69.057-070

Consentimento Pós–Informação

Eu,__
_____, do 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual do Tempo Integral Manuel Vicente Ferreira Lima- CETI , fui informado(a) sobre o que as pesquisadoras pretendem realizar e por isso, concordo com a minha participação no projeto, sabendo que não vou ganhar nada em troca e que posso desistir da colaboração a qualquer momento. Este documento é emitido em duas vias, assinadas por mim e pela pesquisadora responsável, ficando uma via sob minha guarda. Data: /____/

ASSINATURA DO PARTICIPANTE RESPONSÁVEL

PESQUISADORA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE SAÚDE E BIOTECNOLOGIA

UFAM

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o(a) aluno(a) _____ do 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual do Tempo Integral Manuel Vicente Ferreira Lima- CETI, para participar no Projeto intitulado: UMA SEQUENCIA DIDÁTICA SOBRE VISCOSIMETRO DE STOKES E SOFTWARE TRACKER COMO FERRAMENTAS DE APRENDIZAGEM DE FISICA BÁSICA Trata-se de um projetode Iniciação Científica que será realizado com a orientação do professor, Doutor, Thiago Santos Gonçalves, lotado no Instituto de Saúde e Biotecnologia UFAM/Coari, Estrada Coari Mamiá, 305, Espírito Santo, fone: 3561-2363 – e-mail: gstiago@ufam.edu.br juntamente com o discente Adlas oliveira dos Anjos. O estudo tem como Objetivos Geral: Desenvolver uma sequência didática (produto educacional) através do viscosímetro de stokes, e com o uso do simulador Tracker, de forma a desenvolver uma ancoragem mais efetiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio do aluno, avaliando, desta forma, novas possibilidades de aprendizagem significativa de Ausubel, da Escola CETI-Coari-AM. Específicos: Fazer os gráficos no Tracker, e ensinar os alunos a interpreta-los a partir dos vídeos feitos na etapa anterior, uma vez que através desses gráficos poderá se visualizar a trajetória do corpo dentro do fluido; Desenvolver nos alunos independência na utilização do software Tracker; Aplicar o segundo questionário, de forma a verificar depois da elaboração dos gráficos, a partir das respostas dos alunos se houve aprendizado no decorrer da aplicação da sequência didática.Informamos que toda pesquisa com seres humanos envolve riscos, no caso deste estudo, por se tratar de uma pesquisa qualitativa, corre-se o risco de se chegar a uma conclusão que não traduza, de modo fiel, a realidade dos fatos caso haja a negação do entrevistado em fornecer as informações que deverão compor o quadro de análise do objeto pesquisado por se sentir intimidado, fato que poderá ocorrer se não forem bem compreendidos pelos participantes os objetivos da pesquisa. Como forma de minimizar tais riscos, o pesquisador e sua equipe se comprometem a dirimir todas as dúvidas que, porventura, venham ocorrer no momento da aplicação dos instrumentos aos participantes. É importante informar que na ocorrência de algum dano físico e/ou material no momento da coleta dos dados junto aos participantes, será assegurado a estes o direito a indenização e cobertura material para reparação do dano, de acordo com a Resolução CNS nº466 de 2012, IV.3.h, IV.4.c e V.7.Em relação aos benefícios acredita-se que são muitos pois os dados e informações obtidos durante a pesquisa de campo serão sistematizados na composição deste estudo de dissertação no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, e poderão servir de ponto de partida para o aprofundamento da temática. Ao final do estudo, há o compromisso com a divulgação dos resultados no sentido de que os dados alcançados possam servir de base para novas reflexões e avanços na área.Em havendo concordância para participar desse estudo, este TCLE será lido pelo pesquisador e posteriormente assinado em duas vias, ficando uma em poder do participante. Mediante o consentimento, o participante fica ciente de que não serão realizadas filmagens ou fotografias que possibilitem a sua identificação. O participante não terá nenhuma despesa e não receberá nenhuma remuneração pela participação descrita neste documento. Os resultados do estudo serão analisados e

publicados, mas a identidade do participante será mantida em sigilo. Para qualquer outra informação, o(a) participante poderá entrar em contato com a pesquisadora no Instituto de Saúde e Biotecnologia – Campus do Médio Solimões/Coari situado a Estrada Coari-Mamiá, 305, Espírito Santo, ou pelos telefones: (97) 99171-0899, ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Amazonas – CEP/UFAM, Rua Teresina, nº4950, Bairro Adrianópolis, Fone: (092)33055130 – Manaus-Amazonas – CEP 69.057-070

Consentimento Pós–Informação

Eu,_____, professor(a) do 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual do Tempo Integral Manuel Vicente Ferreira Lima- CETI , fui informado(a) sobre o que as pesquisadoras pretendem realizar e por isso, concordo com a minha participação no projeto, sabendo que não vou ganhar nada em troca e que posso desistir da colaboração a qualquer momento. Este documento é emitido em duas vias, assinadas por mim e pela pesquisadora responsável, ficando uma via sob minha guarda. Data:____/____/

_____ _____

ASSINATURA DO PARTICIPANTE PESQUISADORA RESPONSÁVEL

AMAZONAS
GOVERNO DO ESTADO

ESCOLA ESTADUAL CETI PROFESSOR MANUEL VICENTE FERREIRA LIMA ATO DE CRIAÇÃO DEC. Nº 37.633 de 13 de FEVEREIRO de 2017 COARI-AM

TERMO DE ANUENCIA

Declaramos para os devidos fins que a Escola Estadual de Tempo Integral Professor Manuel Vicente Ferreira Lima, se dispõe com a execução do projeto de pesquisa **"UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O USO DO EXPERIMENTO DE QUEDA LIVRE NUM FLUIDO E O POSTERIOR USO DO TRAKER COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM",** sob a coordenação e a responsabilidade do pesquisador **PROFESSOR ADLAS OLIVEIRA DOS ANJOS**, e assumimos o compromisso de apoiar o desenvolvimento da referida pesquisa, a ser realizada nessa instituição, no período de **01 de julho a 31 de outubro de 2024** após devida aprovação no Sistema CEP/CONEP.

Coari – Am, 23 de abril de 2024

Gerlane L. da Silva

GERLANE LIMA DA SILVA
PORT. GS1324/21
GESTORA

Gerlane Lima da Silva
GESTORA
Port. GS 1324 / 21
Escola Esc. CETI P. M. V. F. L.

Estrada Coari Mamiá, S/N,° Bairro Espírito Santo
CEP: 69460-000 – Coari – Amazonas – Brasil
e-mail:eetimanuelcoari@seduc.net

Secretaria de Educação e Desporto

Digitalizado com CamScanner

QUESTIONÁRIO

1 – PARA VOCÊ O QUE SÃO FLUIDOS?

2 – PORQUE QUANDO JOGAMOS UMA ESFERA DE AÇO E UM ISOPOR NA ÁGUA, A ESFERA AFUNDA E O ISOPOR FLUTUA?

3 – O QUE VOCÊ ENTENDE POR PRESSÃO HISDROSTÁTICA?

4 PARA VOCÊ, QUANTO MAIS FUNDO UMA ESFERA SE ENCONTRA DA SUPEFICE A PRESSAO TENDE A AUMENTAR OU DIMINUIR?

5 O QUE VOCÊ ENTENDE POR VISCOSIDADE?

6 QUANDO UM OBJETO ARREMESSADO EM UM LAGO AFUNDA CADA VEZ MAIS NA ÁGUA, A FORÇA DE EMPUXO EXERCIDA SOBRE ELE AUMENTA OU DIMINUI?

7 DOIS BLOCOS SÓLIDOS DE TAMANHOS IDÊNTICOS SÃO SUBMERSOS EM ÁGUA. UM DELES É DE CHUMBO, E O OUTRO DE ALUMÍNIO. SOBRE QUAL DOS DOIS CORPOS A FORÇA DE EMPUXO É MAIOR?

8 SUPONDO QUE VOCÊ ESTEJA MERGULHANDO A CINCO METROS (5M) DE PROFUNDIDADE EM UM IMENSO LAGO, AO MESMO TEMPO O SEU AMIGO ESTÁ MERGULHANDO COM A MESMA PROFUNDIDADE EM UMA PEQUENA PISCINA, VOCÊS DOIS ESTÃO SUBMETIDOS A MESMA PRESSÃO?

ANEXO - RESPOSTAS DE ALGUNS DOS ALUNOS SOBRE O QUESTIONÁRIO

1:) Fluidos são substâncias que não tem própria e podem fluir, mudando de forma facilmente. Eles incluem:

Tipos de Fluidos

1. Líquidos: água, óleo, álcool etc.
2. Gases: ar, oxigênio, nitrogênio, etc.
3. Plasmas: Estado da matéria ionizado, como o fogo ou sol.

2:) Isso ocorre devido a diferença de densidade entre os materiais e a água. A densidade é a massa por unidade de volume.

3:) A pressão hidrostática é a força exercida por um fluido (líquido ou gasoso) sobre uma superfície ou objeto imerso, devido a sua massa e gravidade. Essa pressão aumenta com a profundidade e densidade do fluido.

4:) A pressão hidrostática tende a aumentar à medida que a esfera se afasta da superfície, ou seja, quanto mais fundo ela estiver

5:) Viscosidade é a medida da resistência que um fluido (líquido ou gasoso) oferece ao fluxo ou escoamento. Quanto maior a viscosidade, maior a resistência ao fluxo.

6:) A força de empuxo sobre o objeto arremessado num lago aumenta à medida que ele afunda.

ALUNO: RUAN SILVA GONÇALVES 1º ANO 01

1º) São liquidos e gases capaz de fluirem com facilidades

2º) A Esfera de Aço ela tem Bastante (~~Tempo~~ Peso) e o isopor, ele é Bastante Leve

3º) A Hidrostatica ela explica sobre a física e o comportamento dos fluidos em condições de equilíbrio estático

4º) A Pressão Aumenta pelo motivo da Esfera for mais fundo A Pressão vai Aumentando Até chegar um Ponto que a Esfera não Aguentar mais

5º) A viscosidade ela é tipo A Expressura da ÁGUA

6º) AUMENTA Pela força que a Pessoa jogou

7º O Bloco chumbo ele é o que tem a força maior, o Aluminio tem o empuxo menor

8º) A Pressão vai ser diferente Pelo motivo da largura do local um é mais largo que o outro

Digitalizado com CamScanner

QUESTIONÁRIO

1 – PARA VOCÊ O QUE SÃO FLUIDOS?

2 – PORQUE QUANDO JOGAMOS UMA ESFERA DE AÇO E UM ISOPOR NA ÁGUA, A PEDRA AFUNDA E O ISOPOR FLUTUA?

3 – O QUE VOCÊ ENTENDE POR PRESSÃO HISDROSTÁTICA?

4 – PARA VOCÊ, QUANTO MAIS FUNDO UMA ESFERA SE ENCONTRA DA SUPEFICE A PRESSAO TENDE A AUMENTAR OU DIMINUIR?

5 – O QUE VOCÊ ENTENDE POR VISCOSIDADE?

6 - QUANDO UM OBJETO ARREMESSADO EM UM LAGO AFUNDA CADA VEZ MAIS NA ÁGUA, A FORÇA DE EMPUXO EXERCIDA SOBRE ELE AUMENTA OU DIMINUI?

7 - DOIS BLOCOS SÓLIDOS DE TAMANHOS IDÊNTICOS SÃO SUBMERSOS EM ÁGUA. UM DELES É DE CHUMBO, E O OUTRO DE ALUMÍNIO. SOBRE QUAL DOS DOIS CORPOS A FORÇA DE EMPUXO É MAIOR?

8 - SUPONDO QUE VOCÊ ESTEJA MERGULHANDO A CINCO METROS (5M) DE PROFUNDIIDADE EM UM IMENSO LAGO, AO MESMO TEMPO O SEU AMIGO ESTÁ MERGULHANDO COM A MESMA PROFUNDIIDADE EM UMA PEQUENA PISCINA, VOCÊS DOIS ESTÃO SUBMETIDOS A MESMA PRESSÃO?

1. R= Fluidos são materiais que podem escorrer ou fluir como líquidos e gases.

2. R= isso acontece por causa da densidade, o aço é muito denso já o isopor é pouco denso.

3. R= Pressão hidrostática é a força que a água faz para cima algo que está dentro dela.

4. R= quanto mais fundo a esfera estiver, a pressão aumenta.

5. R= viscosidade é o quanto um líquido é grosso ou ligeiro.

6. R= a força do empuxo diminui, porque tem menos água empurrando o objeto para cima à medida que ele afunda.

7. R= a força de empuxo é a mesma nos dois blocos, porque eles têm o mesmo tamanho e deslocam a mesma quantidade de água.

8. R= sim, vós estamos submetidos a mesma pressão, porque a pressão depende da profundidade e não do tamanho do lugar.

Aluno: Acharle Souza de Araujo Série: 1º ano

1º Fluídos são substancias que podem se mover e se adaptar ao formato do recipiente onde estão.

2º Isso acontece porque a esfera de aço é mais pesada e tem mais matéria do que o isopor, então ela não consegue "empurrar" a água o suficiente para flutuar e acaba afundando.

3º Pressão hidrostática é a força que a agua exerce sobre tudo que estáe submersivo nela.

4º A pressão tende a aumentar, porque, quanto mais fundo a esfera estiver, mais água tem em cima dela, empurrando com mais força.

5º Viscosidade é a "resistência" que um líquido tem para escorrer. Por exemplo: mel.

6º A força do empuxo aumenta.

7º A força de empuxo é maior no bloco de alumínio, porque ela depende do volume do objeto deslocado. Como os dois blocos têm o mesmo tamanho, eles deslocam a mesma quantidade de água. Porém, o chumbo é mais denso, então, na prática, o empuxo sobre os dois é igual

8º Não, eles não estão submetidos a mesma pressão.