

TENSÃO SUPERFICIAL DA ÁGUA: UMA PROPOSTA DIDÁTICA POR MEIO DA ABORDAGEM INVESTIGATIVA NO ENSINO DE FÍSICA

WATER SURFACE TENSION: A DIDACTIC PROPOSAL THROUGH AN INQUIRY-BASED APPROACH IN PHYSICS TEACHING

ALEXANDRE SOUZA DA SILVA *¹

¹Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Resumo

Este estudo analisa a validação de uma sequência didática para o ensino do conceito de tensão superficial, voltada a alunos do ensino médio, com ênfase na experimentação. Adotou-se a abordagem de pesquisa de desenvolvimento, estruturada em quatro etapas: contextualização, realização dos experimentos, explicação teórica e avaliação da sequência. A análise qualitativa dos dados coletados revelou que a abordagem investigativa foi eficaz no aprofundamento da compreensão dos alunos sobre a Física, promovendo maior engajamento e construção ativa do conhecimento. As atividades experimentais e recursos visuais foram cruciais para tornar o aprendizado mais significativo, despertando o interesse dos alunos e facilitando a integração entre teoria e prática. Além disso, os alunos desenvolveram habilidades investigativas e comunicativas, aumentando a autonomia no aprendizado.

Palavras-chave: Ensino de Física. Experimentação. Recursos didáticos. Tensão superficial.

*alexandre.souza@ufam.edu.br

Abstract

The qualitative analysis of the data collected revealed that the investigative approach was effective in deepening students' understanding of physics, promoting greater engagement and active construction of knowledge. Experimental activities and visual resources were crucial in making learning more meaningful, arousing students' interest and facilitating the integration of theory and practice. In addition, the students developed investigative and communicative skills, increasing their autonomy in learning.

Keywords: *Physics teaching. Experimentation. Teaching resources. Surface tension.*

I. INTRODUÇÃO

O ensino de Física, é frequentemente desafiador. Por lidar com alguns conceitos pouco ou muito abstratos, muitos alunos enfrentam dificuldades em compreendê-la, o que leva a um desinteresse nas aulas (Araújo; Abib, 2003).

Na maioria das vezes, os alunos tendem a ver a Física como um conjunto de equações que parecem sem sentido, tratando-as simplesmente como fórmulas a serem decoradas, sem compreender sua origem ou aplicação prática (Loss, 2005). Este é um problema comum não apenas no ensino de Física, mas no ensino de ciências em geral, em que há uma falta de conexão entre a disciplina e a vida cotidiana dos alunos, o que resulta em uma percepção de irrelevância do conhecimento adquirido.

Assim, torna-se evidente a necessidade e a importância de o professor mediar tais atividades, contextualizando os fenômenos observados com a realidade vivenciada pelos educandos. O papel do professor vai além de apenas demonstrar o fenômeno físico; ele deve inseri-lo em um contexto que permita ao aluno perceber sua existência real e sua relevância no mundo ao seu redor.

A adoção de metodologias que priorizam uma abordagem investigativa, por meio de experimentações, está se tornando uma tendência crescente na educação, promovendo maior protagonismo dos alunos e tornando o ensino mais dinâmico. Essa abordagem oferece oportunidades para aprofundar e explorar os conteúdos de forma interconectada com problemas práticos, alinhando-se com diversos documentos que orientam a educação básica.

Diversos estudos têm destacado a importância das atividades práticas e experimentais no ensino de Ciências, pois elas promovem o desenvolvimento do pensamento crítico, a autonomia intelectual e a compreensão conceitual dos estudantes (Carvalho, 2018; Munford; Lima, 2007). Entretanto, sua implementação nas escolas enfrenta desafios como falta de infraestrutura adequada, formação insuficiente de professores e restrições curriculares (Wesendonk; Terrazzan, 2020). Nesse cenário, as propostas de aprendizagem investigativa, ao estimular a curiosidade, o planejamento de experimentos e a análise crítica dos resultados, surgem como estratégias eficazes para minimizar essas dificuldades e tornar o ensino mais próximo da prática científica autêntica.

Esta pesquisa, de natureza qualitativa e de desenvolvimento, tem como objetivo analisar a validação de uma sequência didática destinada a facilitar o ensino e a compreensão do conceito de tensão superficial. A investigação ocorrerá ao longo da execução das atividades, por meio de observação e análise das respostas dos participantes ao final das atividades.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na maioria dos casos, os estudantes tendem a ver a física como um conjunto de equações sem significado, vendo-as apenas como fórmulas a serem memorizadas sem compreender as suas origens ou aplicações práticas. Atualmente, são comuns práticas de ensino que dependem fortemente de aulas expositivas e do uso acrítico de livros didáticos (Gil; Silva, 2021). Muitos professores ainda utilizam o método tradicional de ensino e utilizam recursos, tais como, lousa, pincel e repetição de equações matemáticas, o que pode prejudicar a criatividade e o desenvolvimento dos alunos.

Quando os conteúdos não são contextualizados adequadamente, eles correm o risco de se tornarem distantes e difíceis para os alunos. A falta de conexão com a realidade dos estudantes pode resultar em um desinteresse geral e falta de motivação em relação ao aprendizado. Contextualizar os conteúdos, relacionando-os com experiências do cotidiano, situações práticas ou exemplos do mundo real, é fundamental para torná-los mais significativos e envolventes para os alunos, estimulando assim o seu interesse e a sua motivação no processo de aprendizagem (Zanon; Palharini, 1995; Zanelli, 2002).

Metodologias que envolvem experimentação no ensino da Física trazem muitos benefícios. Elas ajudam os alunos a construir conhecimento científico, contextualizam as atividades com temas relevantes, como situações do cotidiano, conectam os conteúdos com questões sociais importantes e incentivam os alunos a pensarem criticamente e refletirem sobre o que estão aprendendo (Stilck; Brum, 2013).

Além disso, essas abordagens utilizam materiais simples e de baixo custo, o que facilita a participação de todos os alunos, e promovem uma relação mais próxima entre professor e aluno, assim como entre os próprios alunos, criando um ambiente de aprendizado colaborativo e acolhedor (Silva; Leal, 2016; Wesendonk; Terrazzan, 2020). A prática experimental no Ensino de Física deve ser realizada considerando que as previsões sejam tão importantes quanto os processos de pensamento usados para desenvolvê-las.

II.1. Ensino de física por investigação

Da segunda metade do século XIX até os dias atuais, o ensino de física apresentou diferentes tendências nos métodos de ensino, incluindo considerações políticas, históricas e filosóficas. Uma das tendências é o ensino por investigação, um método que inicia com a apresentação de um problema relacionado às experiências cotidianas dos alunos. Esse método visa promover uma compreensão mais ampla da questão, incentivando o desenvolvimento do pensamento crítico por parte dos aprendizes, desta forma estarão aptos a buscar transformações e soluções conscientes.

A pesquisa transcende a simples assimilação de conceitos, incorporando também debates, reflexões e ações. Os debates representam a troca de ideias entre indivíduos com diferentes

pontos de vista, enquanto as reflexões permitem aos pesquisadores analisarem suas próprias suposições. Por fim, as tomadas de atitude buscam gerar impacto além do ambiente em sala de aula. A pesquisa é um processo complexo que requer engajamento ativo, questionamento crítico e a implementação de medidas concretas para impulsionar o progresso e o impacto positivo em diversos contextos (Carvalho, 2018).

Portanto, o ensino de Física por investigação tem como objetivo principal trazer a prática científica para o contexto da sala de aula, buscando assim estreitar a relação entre esse conhecimento e os conteúdos escolares.

No ensino por investigação, o aluno é o protagonista e possui graus de liberdade para propor e planejar as atividades, defender seus pontos de vista junto aos professores e aos colegas. Nessa abordagem não há uma única resposta correta, mas tentativas de construção coletiva do conhecimento, guiadas pelo professor. Consequentemente, o uso dessa metodologia traz o aluno para dentro da aula, pois o professor será apenas um questionador ou incitador de questões. Em uma aula investigativa, são os alunos que conduzirão o andamento das atividades possibilitando o desenvolvimento de suas atividades (Sá; Silva; Moraes; Santos, 2023).

Existem vários tipos de atividades investigativas, uma delas é a Demonstração investigativa, abordagem escolhida para o presente estudo, chamamos de demonstrações experimentais investigativas as demonstrações que partem da apresentação de um problema ou de um fenômeno a ser estudado e levam à investigação a respeito desse fenômeno. A demonstração investigativa deve apresentar não só o fenômeno em si, mas criar oportunidade para a construção científica de um dado conceito ligado a esse fenômeno.

Experiências de demonstração investigativas são demonstrações feitas pelo professor e observadas pelos alunos. Elas são investigativas na medida em que não são usadas apenas para ilustrar, mas para fazer o aluno refletir sobre o assunto que ele está estudando e buscar a explicação por meio de um modelo conceitual.

II.2. Etapas do ensino por investigação

O ensino por investigação é uma abordagem educacional dinâmica e eficaz que se destaca por sua capacidade de envolver os alunos de maneira ativa e significativa em seu próprio processo de aprendizagem. Ao contrário de métodos tradicionais de ensino, onde os alunos são frequentemente receptores passivos de informações, o ensino por investigação os coloca no papel de exploradores e descobridores. Isso é crucial, pois os alunos não apenas absorvem conhecimento, mas o constroem ativamente através da exploração, questionamento, experimentação e análise crítica.

A dinamicidade do ensino por investigação reside na sua flexibilidade e adaptabilidade a uma variedade de contextos e disciplinas. Ele pode ser implementado em ciências, matemática, línguas e outras áreas do conhecimento, permitindo que os alunos abordem problemas do mundo real de maneira interdisciplinar. Além disso, essa abordagem promove a curiosidade natural dos alunos, estimulando-os a buscar respostas para suas próprias perguntas e a desenvolver habilidades cognitivas fundamentais, como raciocínio lógico, análise crítica e resolução de problemas.

Conforme Munford e Lima (2007), o professor desempenha um papel fundamental no

desenvolvimento pessoal e intelectual dos alunos, atuando como facilitador do acesso ao conhecimento e criador de um ambiente propício à aprendizagem. Sua responsabilidade inclui a promoção de um ambiente investigativo que permita aos estudantes explorar seus conhecimentos prévios, expressar ideias próprias e discuti-las com colegas e o professor. Ao desempenhar diversos papéis, como mediador e estimulador, o professor estimula a comunicação entre os alunos e os direciona na transição do conhecimento espontâneo para o científico, ajudando-os a refletir criticamente e integrar novas informações de forma significativa. Assim, ao criar um ambiente de aprendizagem colaborativo e desafiador, o professor contribui não apenas para o sucesso acadêmico dos alunos, mas também para seu desenvolvimento integral como indivíduos ativos na sociedade.

Além de possuir um domínio sólido do conteúdo específico, o professor deve estar consciente das atitudes e ações necessárias para planejar e conduzir suas aulas de forma eficaz. Isso implica em habilidades como questionar e dialogar com os alunos para promover a participação ativa e o pensamento crítico, ser flexível para atender às diversas necessidades e estilos de aprendizagem dos alunos, problematizar o conteúdo para estimular a reflexão e a investigação, ultrapassar os limites tradicionais da matéria explorando conexões interdisciplinares e aplicações práticas do conhecimento, e dedicar-se à pesquisa contínua de sua prática docente para aprimorar suas habilidades de ensino e oferecer suporte eficaz aos alunos no entendimento dos conceitos científicos abordados em sala de aula (Borges, 2002).

Dessa maneira, ao organizar uma aula experimental que apresente ao aluno uma situação-problema direcionada para sua resolução, é possível fomentar o raciocínio lógico do estudante e incentivá-lo a apresentar argumentos embasados na análise de dados, visando chegar a uma conclusão plausível. Ao acompanhar e interpretar as etapas da investigação, o aluno tem a oportunidade de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, o que promove uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos estudados. Nesse contexto, a aula experimental não apenas alcança seus objetivos, mas também privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o aprimoramento do raciocínio lógico dos estudantes.

Para tanto, sugere-se seguir uma sequência estruturada de etapas para construção de uma atividade investigativa (Carvalho, 2018). A primeira etapa, a proposição do problema, é crucial para engajar os alunos e despertar seu interesse, incentivando-os a pensar criticamente e formular hipóteses. Ao dividir a turma em grupos, o professor cria um ambiente propício para a colaboração e a troca de ideias, o que enriquece a experiência de aprendizagem.

A segunda etapa, a resolução do problema, é onde os alunos aplicam suas hipóteses e buscam soluções através da experimentação e análise. Essa fase não apenas reforça a compreensão dos conceitos, mas também desenvolve habilidades práticas e de resolução de problemas. A terceira etapa, de sistematização e contextualização dos conhecimentos, é fundamental para consolidar o aprendizado. Através da leitura e discussão, os alunos relacionam suas hipóteses com informações externas, ampliando sua compreensão e promovendo uma reflexão mais profunda.

Por fim, a última etapa, permite aos alunos registrar individualmente suas descobertas, promovendo a reflexão pessoal e a expressão criativa. Essa síntese pessoal do conhecimento é essencial para internalizar os conceitos aprendidos e construir uma base sólida para futuras investigações.

II.3. Investigando a liberdade intelectual dos alunos no ensino por investigação

O estudo sobre os graus de liberdade intelectual dos educandos, conforme abordado por Carvalho (2018) e embasado nos trabalhos de Pella (1961) e Borges (2002), oferece uma perspectiva essencial para a compreensão dos graus de liberdade intelectual oferecida pelos professores aos seus alunos. Carvalho (2018) utiliza esses fundamentos para elaborar tabelas que caracterizam os modelos metodológicos aplicáveis em diferentes atividades didáticas no ensino de Ciências, tais como laboratório, problemas de lápis e papel e textos históricos. Essas tabelas visam demonstrar o grau de liberdade intelectual que o professor proporciona aos alunos em cada um desses modelos.

A partir dessa abordagem, torna-se possível analisar como cada modelo metodológico oferece diferentes níveis de autonomia e participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem.

É importante ressaltar que o presente estudo se concentra especificamente nos modelos que utilizam atividades experimentais, destacando os graus de liberdade dados aos alunos pelos professores nesse contexto, sendo assim, será exposto com base nos estudos de Carvalho (2018), apenas os graus de liberdade intelectual dados aos discentes pelos docentes, referente a este modelo. Com base nos estudos conduzidos pelos autores mencionados anteriormente, Carvalho (2018) desenvolveu a Tabela 1, que caracteriza os diferentes graus de liberdade intelectual proporcionados aos aprendizes pelos professores em atividades experimentais.

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P	A/P	A/P	A/P

Tabela 1: Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais. Fonte: Carvalho (2018). adaptado pelo autor.

Conforme Carvalho (2018), a primeira coluna da tabela descreve o modelo de ensino diretivo, no qual o professor desempenha um papel central na apresentação do problema e conduz as aulas de maneira mais tradicional, apresentando o conteúdo de forma estruturada e guiando os alunos por meio de explicações, demonstrações e exercícios práticos, geralmente apoiado em referências teóricas. Durante as aulas experimentais, os alunos seguem um plano de trabalho predefinido, em que são guiados passo a passo pelo professor. Nesse contexto, as conclusões já são conhecidas antecipadamente, o que pode levar os alunos a ajustarem seus dados para corresponderem às expectativas do professor. Esse tipo de abordagem reflete um baixo grau de liberdade intelectual, onde os alunos têm pouca autonomia para explorar, questionar e interpretar os resultados por conta própria.

Na segunda coluna tem-se uma abordagem mais aberta e participativa por parte do

professor, embora ainda se perceba bastante o enfoque de uma metodologia tradicional de ensino. Aqui, apesar de as hipóteses e o plano de trabalho serem apresentados por ele, há espaço para discussão com os alunos. Isso permite que surjam questionamentos para que os alunos reflitam sobre a razão de realizar as atividades propostas. Entretanto, ainda é a resposta do professor que guia o trabalho dos alunos. Esse cenário é identificado como o grau 2 de liberdade intelectual.

Na terceira coluna, no grau 3 de liberdade intelectual, os alunos assumem a responsabilidade pela execução da experiência após o professor apresentar o problema e discutir as hipóteses. No grau 4, representado na quarta coluna, os alunos, já habituados ao ensino por investigação, trabalham em grupos, tomam decisões para resolver os problemas propostos e discutem as conclusões sob a supervisão do professor, que desempenha um papel crucial na orientação e no estímulo à compreensão mais profunda da teoria.

O grau 5 de liberdade intelectual representa um nível de autonomia extremamente alto, no qual os alunos têm a oportunidade de selecionar e propor seus próprios problemas de pesquisa. Esta abordagem, embora altamente enriquecedora, é bastante rara nos cursos fundamentais e médios devido às limitações de tempo, recursos e estrutura curricular. Embora seja uma prática incomum, o estímulo à autonomia e à autodireção dos alunos pode ter um impacto positivo significativo em seu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

A proposta didática desenvolvida neste estudo permitiu que os alunos atuassem dentro de um modelo que abrange tanto o terceiro quanto o quarto grau de liberdade, conforme a classificação de Carvalho (2018). No início das atividades, existe uma predominância do terceiro grau de liberdade, pois o professor apresentou o problema, guiou a formulação de hipóteses e estruturou o plano de trabalho. Nessa etapa, os alunos tiveram participação ativa na execução dos experimentos, mas ainda seguiram um roteiro predefinido com orientações do docente.

À medida que a sequência didática avançava, os alunos passaram a interagir de maneira mais autônoma com os experimentos, reproduzindo-os independentemente e explorando novas variáveis. Esse movimento indica uma transição para o quarto grau de liberdade, no qual os estudantes assumem maior protagonismo, podendo reformular hipóteses, testar diferentes condições e aprofundar sua compreensão.

Os resultados obtidos com essa abordagem híbrida evidenciaram que a transição entre os dois graus favorece a liberdade ou o aprendizado dos alunos. No terceiro grau de liberdade, a mediação do professor proporcionou uma base conceitual sólida, garantindo que os estudantes compreendessem os princípios fundamentais do experimento antes de explorá-los por conta própria. Já no quarto grau de liberdade, a possibilidade de manipulação autônoma dos experimentos incentivou o pensamento crítico e o desenvolvimento da curiosidade científica, tornando a aprendizagem mais significativa.

Dessa forma, a combinação entre o terceiro e o quarto grau de liberdade mostrou-se eficaz para equilibrar a estruturação inicial necessária com a liberdade investigativa essencial ao ensino de Física.

II.4. Tensão superficial da água

A explicação dos experimentos abordados neste estudo, que serão detalhados nas seções seguintes, fundamenta-se no seguinte princípio: As moléculas de um líquido interagem entre si de várias maneiras. Uma delas é a atração ou repulsão elétrica, se estiverem carregadas ou se suas cargas positivas e negativas não estiverem igualmente distribuídas no espaço, essas forças são regidas pela lei de Coulomb, que determina a intensidade da força de atração ou repulsão entre duas cargas elétricas. Além disso, sofrem a ação da gravidade e da agitação térmica. No geral, se o líquido estiver em um recipiente, como um copo, por exemplo, as forças de atração preponderam e impedem que as moléculas se espalhem pelo espaço. O líquido ocupa um volume determinado, formando uma superfície bem definida entre ele e o ar circundante. Surge dessa forma uma diferença clara entre as moléculas da superfície e as que ficam internas no líquido, conforme Figura 1.

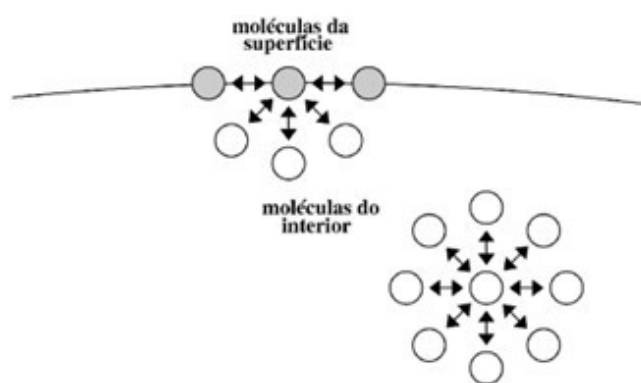


Figura 1: Tensão superficial da água. Fonte: Oliveira (2002).

As que ficam no interior interagem com as demais em todas as direções. Em média, portanto, essas interações (ou forças) se anulam mutuamente. Já as que ficam na superfície só podem interagir com as que estão internamente. Acima da superfície existe, predominantemente, o ar, onde essas moléculas do ar estão tão separadas uma das outras que seu efeito imediato sobre a superfície líquida pode ser desprezado.

O resultado é que a película que fica na superfície sofre uma atração para dentro do próprio líquido. Essa tendência é contrabalançada pela resistência das moléculas de dentro que só podem ceder espaço até certo ponto. Quando o equilíbrio é alcançado a tendência das moléculas superficiais de penetrarem no líquido é equilibrada pela resistência das demais que estão no interior. Se o líquido for a água dentro de um copo, forma-se uma superfície mais ou menos plana e ligeiramente encurvada para cima nas paredes internas do copo. Se o recipiente for um tubo estreito, a superfície da água assume uma forma côncava, o menisco, como se diz. Pode ser demonstrado que essa configuração corresponde à situação de menor energia, uma vez que sistemas físicos preferem se acomodar em situações de energia mínima.

Esse fenômeno é descrito como sendo devido à tensão superficial. Observe que a tensão superficial não é nenhuma força ou interação nova, com o mesmo status do peso ou da força elétrica. É apenas um tipo de equilíbrio entre essas forças que já existem no líquido moldando a forma da superfície desse líquido (Daltin, 2011).

A escolha do tema "tensão superficial da água" fundamenta-se em sua relevância tanto para a compreensão de conceitos fundamentais da Física quanto para suas diversas aplicações no cotidiano e em áreas interdisciplinares. A capilaridade, fenômeno relacionado à tensão superficial, é essencial, por exemplo, no transporte de água em plantas; mecanismo vital para a fotossíntese e em processos industriais de adesão e revestimento (Fraser, 2015). Com esta sequência didática, espera-se que os alunos compreendam não apenas a definição conceitual da tensão superficial, mas também suas implicações práticas, a interação das forças intermoleculares e a importância do fenômeno em contextos naturais e tecnológicos. Além disso, busca-se desenvolver habilidades investigativas e analíticas fundamentais para sua formação científica.

III. METODOLOGIA

A pesquisa em questão adota a abordagem de pesquisa de desenvolvimento, que visa criar e/ou aprimorar intervenções educacionais, como novas propostas didáticas, com base em teorias existentes e evidências empíricas. Esse processo segue um ciclo de desenvolvimento, implementação e avaliação. Um dos principais objetivos dessa abordagem é garantir que o produto final esteja acessível a uma população mais ampla do que aquela inicialmente envolvida em sua criação. Além disso, ao intervir em um contexto educacional específico com características determinadas, busca-se alcançar resultados previsíveis e benéficos para aprimorar o processo de ensino e aprendizagem (Lesh; Sriraman, 2015; Plomp, 2013).

A sequência didática foi estruturada em quatro etapas principais: (1) Contextualização inicial com perguntas instigadoras e análise de imagens (1 aula); (2) Realização dos experimentos de observação da superfície da água e flutuação de objetos (1 aula); (3) Discussão teórica e conceitual utilizando modelos submicroscópicos (1 aula); (4) Avaliação e reflexão final com debates e atividades escritas (1 aula). Cada etapa foi pensada para atingir objetivos específicos, como despertar o interesse inicial, desenvolver a capacidade de observação, promover a construção teórica e consolidar o conhecimento adquirido. Foi necessário um total de quatro aulas para a aplicação completa da sequência.

III.1. Proposta didática

A proposta foi pensada para cobrir tanto o mundo macroscópico quanto o submicroscópico. Assim, foi elaborado um plano em que o professor conduzirá a explicação do fenômeno por meio de experimentos práticos, permitindo que os alunos observem e vivenciem o que está sendo ensinado. Além disso, para tornar compreensível a parte submicroscópica, foi utilizado modelos simples feitos com materiais de baixo custo, garantindo que todos os estudantes consigam visualizar e entender melhor os conceitos abordados.

É fundamental observar que a proposta didática desenvolvida neste estudo não se aprofunda em uma análise detalhada de todas as etapas de desenvolvimento da sequência didática. No entanto, é relevante destacar algumas observações feitas pelos estudantes a partir do quarto momento da sequência didática. Isso é feito com o objetivo de apresentar uma análise qualitativa, priorizando as perspectivas dos participantes, e assim incentivar

a geração de novas propostas e ideias na elaboração de outros modelos de ensino alinhados aos conceitos abordados. A apresentação da proposta visa, portanto, avaliar suas potencialidades.

A proposta didática foi aplicada a um grupo de dez alunos do ensino médio, composto por três estudantes do primeiro ano, três do segundo ano e quatro do terceiro ano. A pesquisa foi conduzida como uma consulta de opinião pública, sem identificação dos participantes. Conforme a Resolução CNS n.º 510, de 2016, artigo 2º, essa abordagem não exige avaliação pelo comitê de ética, uma vez que não envolveu a coleta de dados confidenciais ou identificação dos respondentes.

Inicialmente, foi realizada a contextualização do assunto, oferecendo uma visão ampla do tema aos alunos. Em seguida, os alunos participaram ativamente da realização de um experimento prático sobre tensão superficial. Após a experimentação, o professor explicou detalhadamente os conceitos envolvidos, utilizando os resultados obtidos para embasar a compreensão teórica. Finalmente, como forma de avaliação da aprendizagem dos alunos, sugere-se uma atividade dissertativa para que possam expressar suas observações e conclusões, sem a expectativa de uma única resposta correta.

Essa sequência didática busca integrar teoria e prática, proporcionando uma experiência de aprendizado completa e promovendo a reflexão dos alunos sobre o conteúdo abordado.

A aula foi iniciada com uma problematização externa para a realidade dos alunos, utilizando perguntas instigadoras e imagens para despertar o interesse sobre conceitos físicos relacionadas à tensão superficial, como a capacidade de certos insetos caminharem sobre a água. Para estimular a reflexão, foram utilizadas as seguintes perguntas norteadoras como instigadoras:

P1: Por que determinados insetos não submergem quando pousam sobre líquidos? Ou Por que alguns insetos conseguem andar sob as águas? P2: Por que um líquido, ao ser colocado em um recipiente, tende a se inclinar para cima ao longo das paredes do recipiente? (Perguntas aos participantes, 2024).

Para esta etapa, sugere-se a apresentação das seguintes imagens (Figura 2 e Figura 3), seguidas pelo vídeo disponível em: *Alfaiates insectos que andam na superfície da água*, com o título correspondente.



Figura 2: Mosquito em repouso sobre a água. Fonte: Mendes (2014).



Figura 3: Superfície da água em um recipiente. Fonte: Autor (2024).

Como estratégia inicial, busca-se explorar as concepções que os alunos possuem sobre o motivo pelo qual alguns insetos conseguem se movimentar ou pousar sobre a superfície da água. Isso inclui promover um diálogo sobre a forma da superfície da água em recipientes, como água em um copo de vidro transparente.

No segundo momento, os alunos participaram da condução de experimentos simples e de baixo custo, como a observação da superfície da água em um copo, a flutuação de um clipe metálico e a curvatura da água nas paredes do recipiente. Nesta etapa, o professor inicialmente guiou a atividade, caracterizando um terceiro grau de liberdade. Com o avanço da experimentação, os estudantes foram incentivados a reproduzir os experimentos por conta própria, modificando variáveis e formulando novas hipóteses, permitindo a transição para o quarto grau de liberdade intelectual.

Nesta etapa, foram realizados os seguintes experimentos, que consistiu na utilização dos seguintes materiais: 1 (um) copo de vidro transparente, 1 (um) clipe e 1 (uma) moeda.

O procedimento é simples: sugere-se ao docente, mostrar aos estudantes o comportamento da superfície da água quando colocado em um recipiente (copo de vidro transparente, um pouco antes de seu limite volumétrico), conforme Figura 4.



Figura 4: Copo de vidro transparente com água, um pouco antes do seu limite volumétrico. Fonte: Autor (2024).

A Figura 4 evidencia uma generalização/extrapolação do que será observado pelos alunos, em sala de aula, porém para fins didáticos e maior contextualização, a imagem

propicia o entendimento do que será abordado nos tópicos seguintes.

Após todos os participantes visualizarem a superfície da água no recipiente, o mediador apresentou algumas questões relacionadas à observação, incentivando os estudantes a discorrerem sobre suas percepções e opiniões.

Algumas questões norteadoras, podem ser feitas para instigar os alunos, tais como:

P3: Qual é a sua opinião sobre o motivo pelo qual a água nas paredes internas de um copo de vidro tende a subir, formando uma superfície côncava? P4: O que aconteceria se tentássemos repetir esses experimentos com outros líquidos? (Perguntas aos participantes, 2024).

Para o segundo experimento, o professor deve, com cuidado, colocar um clipe sobre a superfície da água em um copo de vidro. Nesse momento, os alunos poderão observar que o objeto flutua, conforme ilustrado na Figura 5. Em seguida, o mesmo procedimento deve ser repetido com uma moeda em outro copo de água. Os estudantes terão a oportunidade de analisar o comportamento dos objetos e discutir as forças envolvidas no fenômeno. Além disso, serão incentivados a replicar o experimento por conta própria, explorando diferentes variáveis e aprofundando sua compreensão sobre a tensão superficial da água.



Figura 5: Demonstração da tensão superficial da água. Fonte: Para pais e professores (2025).

Nesta fase, é recomendado que o professor conduza perguntas que incentivem a reflexão, estimulem a formulação de hipóteses e gerem questionamentos por parte dos alunos. Também é sugerido que os estudantes relatem suas observações e registrem suas dúvidas. Além disso, de forma prática e baseados em concepções do senso comum, os alunos podem sugerir conclusões sobre as possíveis explicações para o fenômeno observado. Segue abaixo algumas perguntas instigantes que podem ser propostas aos alunos:

P5: Por que a moeda e o clipe flutuam na água em vez de afundar? P6: Como a forma ou o tamanho da moeda e do clipe poderiam influenciar sua capacidade de flutuar na água? P7: Que outras coisas vocês imaginam que poderiam flutuar na água? Por quê? P8: Qual é o papel da tensão superficial da água na flutuação da moeda? (Perguntas aos participantes, 2024).

Após a realização dos experimentos, o professor mediou uma discussão para conectar as observações empíricas aos modelos teóricos, utilizando representações submicroscópicas para explicar a tensão superficial. Esse momento foi essencial para consolidar o aprendizado e criar a formulação de novas questões. Por fim, os alunos foram convidados a registrar suas percepções sobre os experimentos, imagens, recursos tecnológicos e de mídia, e discutir a aplicabilidade do conceito estudado no cotidiano. Além disso, a metodologia incluída em um debate final, no qual os estudantes puderam expressar suas compreensões, dificuldades e novas hipóteses, promovendo um aprendizado mais significativo e reflexivo.

IV. RESULTADOS

Após a aplicação da sequência didática proposta, os participantes realizaram as suas considerações, conforme descrito no quarto momento da sequência didática, por meio da escrita e entregaram ao pesquisador. De um modo geral, da análise qualitativa de todas as respostas dirigidas pelos educandos, foi possível elaborar algumas conclusões sobre este estudo.

Os estudantes destacaram que a incorporação de imagens, recursos tecnológicos e mídia em geral em seu processo de aprendizagem traz uma série de benefícios significativos. Ao utilizar essas ferramentas, perceberam uma melhoria na compreensão dos conceitos apresentados, uma vez que as imagens e recursos visuais ajudam a tornar os conteúdos mais concretos e tangíveis. Além disso, observaram que o uso de tecnologia e mídia proporciona uma experiência de aprendizagem mais dinâmica e envolvente, o que aumenta o interesse e a motivação para participar das atividades propostas. Em resumo, os estudantes reconheceram que a integração dessas ferramentas no processo educacional contribui para uma aprendizagem mais eficaz, interessante e relevante para o mundo contemporâneo.

Para embasar o que foi expresso anteriormente, de maneira geral, é possível retirar algumas conclusões acerca da resposta de um dos participantes. Optou-se neste estudo por não identificar os nomes próprios dos sujeitos participantes, assegurando-se assim a privacidade de todos os envolvidos.

“Eu acredito que o uso de recursos como imagens, vídeos e experimentos em sala de aula é algo muito bom para o meu aprendizado. Esses recursos tornam os conceitos mais simples e fáceis de entender. Quando vemos um vídeo demonstrando um experimento científico, é como se estivéssemos participando dele, o que torna a experiência de aprendizado muito mais envolvente. Além disso, as imagens e experimentações ajudam a reforçar o que foi ensinado em sala de aula. Na minha opinião, esses recursos são ótimos” (Resposta do participante A, 2024).

O fala do participante A indica uma forte preferência dos alunos pelo uso de recursos visuais, como imagens, vídeos e experimentos, em sala de aula, destacando-os como ferramentas altamente benéficas para o processo de aprendizagem. Os alunos percebem que esses recursos facilitam a compreensão dos conceitos apresentados, tornando-os mais

acessíveis e simples de assimilar. A experiência de assistir a vídeos que demonstram experimentos científicos é descrita como imersiva, fazendo com que os alunos se sintam mais engajados e envolvidos na aprendizagem. Além disso, a presença de imagens e a realização de experimentações são percebidas como formas eficazes de reforçar o conteúdo ensinado em sala de aula. Em suma, os alunos expressam uma visão positiva e entusiasta sobre o uso desses recursos, considerando-os valiosos para o seu processo de aprendizagem.

Outro ponto a se destacar é a participação ativa dos alunos durante as atividades que estimularam o diálogo entre eles. Ao discutirem as questões propostas, formularem hipóteses e posteriormente compartilharem suas reflexões em grupo, os estudantes demonstraram um envolvimento significativo. Além disso, foi perceptível que os alunos conseguiram estabelecer conexões entre os eventos apresentados nos experimentos, vídeos e imagens, e os conceitos previamente discutidos sobre tensão superficial. Este engajamento e capacidade de relacionar diferentes elementos evidenciam uma compreensão mais profunda e significativa dos temas abordados.

O emprego de ferramentas visuais de aprendizagem não apenas simplifica a absorção de informações pertinentes, mas também impulsiona a atividade cognitiva dos alunos. Essa abordagem promove o desenvolvimento da capacidade dos estudantes de estabelecer conexões entre teoria e prática, relacionando os conceitos ao contexto do dia a dia e fomentando habilidades técnicas no âmbito da cultura. Isso resulta em um aumento do interesse pelo aprendizado e torna-o mais acessível a todos os envolvidos (Loureiro, 2019).

Na última etapa, por meio de um debate e da análise das respostas dos participantes, os estudantes destacaram a significativa contribuição da atividade experimental para o aprendizado. Além disso, afirmaram que a proposta didática atendeu plenamente às suas expectativas, não identificando a necessidade de modificações.

Durante a execução dos experimentos, observeu-se um aumento no interesse e na participação ativa dos estudantes. A transição do terceiro para o quarto grau de liberdade se tornou evidente à medida que os alunos começaram a reproduzir os experimentos de maneira inovadora e sugerir variações nos procedimentos. Isso permitiu que eles compreendessem o conteúdo e o relacionassem com o seu cotidiano, especialmente no que se refere ao fenômeno da tensão superficial da água, como destacado pelas opiniões dos participantes B e C.

"Participante B - Participar do experimento sobre tensão superficial foi uma experiência muito boa. Ao observar como a superfície da água se comporta em diferentes condições, pude realmente compreender o conceito de tensão superficial de uma maneira prática. Além disso, poder realizar as observações por conta própria, sob a orientação do professor, me proporcionou uma sensação de autonomia e responsabilidade pelo meu próprio aprendizado. Este experimento não apenas me ajudou a entender melhor o conceito de tensão superficial, mas também despertou minha curiosidade."

Participante C - "Eu gostaria de compartilhar que achei o uso dessa prática realmente incrível! Foi uma experiência muito divertida. A forma como pudemos experimentar e descobrir as coisas por nós mesmos tornou o conteúdo muito mais interessante. Eu me senti muito mais envolvido durante

toda a atividade. Seria muito legal ter mais aulas assim no futuro, porque realmente me ajudou a entender o assunto. Agradeço ao professor por proporcionar essa experiência e espero que possamos ter mais oportunidades como esta! ” (Respostas dos participantes B e C, 2024).

A receptividade positiva dos alunos em relação ao uso da proposta didática demonstra o impacto significativo que atividades práticas e investigativas têm no processo de aprendizagem. Os comentários entusiasmados sobre a experiência refletem um aumento no interesse e engajamento dos alunos, bem como uma compreensão mais profunda e duradoura do conteúdo abordado. Esses resultados sugerem que a abordagem metodológica adotada não apenas estimula a curiosidade e a participação ativa dos alunos, mas também contribui para um aprendizado mais significativo. Beserra (2024) afirma que, para despertar o interesse do estudante nas aulas, é fundamental estimulá-lo com atividades desafiadoras e investigativas, utilizando situações-problema que incentivem a busca por soluções criativas, o trabalho colaborativo, a argumentação, a formulação de estratégias e hipóteses.

Portanto, considerar a implementação de mais atividades práticas e exploratórias pode ser uma estratégia eficaz para promover uma experiência educacional mais enriquecedora e envolvente para os alunos.

Através do debate em sala de aula e da resposta fornecida pelo Participante D no questionário, foi possível obter uma compreensão mais enriquecedora sobre a utilização de experimentações no processo de aprendizagem. O debate permitiu uma troca de ideias e experiências entre os participantes, destacando diferentes perspectivas e insights sobre o papel das experimentações na educação.

A resposta do Participante D ofereceu uma visão pessoal e reflexiva sobre como as experimentações contribuem para uma aprendizagem mais significativa e envolvente. Essa abordagem interativa não apenas promoveu uma compreensão mais profunda do tema, mas também estimulou o pensamento crítico e a reflexão sobre as práticas pedagógicas. Em suma, o debate e a resposta do participante forneceram uma base sólida para avaliar e aprimorar a utilização de experimentações como ferramenta educacional.

“Na minha opinião, compreender a tensão superficial da água foi uma experiência muito legal. Através dos experimentos e observações visuais, pude realmente ver como a água se comporta em diferentes situações. Foi incrível perceber como as moléculas de água se organizam na superfície, formando uma espécie de “película” que pode suportar pequenos objetos ou até insetos. Isso me ajudou a entender melhor não apenas os conceitos teóricos sobre tensão superficial, mas também sua importância no dia a dia, como em aplicações industriais ou mesmo em fenômenos naturais, como a formação de gotas de chuva ou a capacidade de certos insetos caminharem sobre a água” (Resposta do participante D, 2024).

Essas declarações evidenciam que as experimentações são ferramentas que apoiam os professores na melhoria de suas aulas e no despertar do interesse dos alunos pelos

conteúdos abordados em sala de aula. Conforme Azevedo (2004), a utilização de atividades investigativas e experimentação tem o objetivo de aumentar a participação, envolver os alunos, promover a aprendizagem, resolver problemas, desenvolver habilidades e motivar ações para atingir objetivos específicos.

Para uma avaliação mais precisa da evolução da aprendizagem, realizou-se uma comparação entre as concepções dos alunos antes e depois da sequência didática. Inicialmente, muitos estudantes associavam a flutuação apenas à "leveza" dos objetos ou à "quantidade de água", sem relacioná-la à formação da película de tensão superficial. Após a realização dos experimentos e das discussões orientadas, observou-se uma evolução significativa: os estudantes passaram a explicar a flutuação com base nas forças de coesão entre as moléculas da água e no equilíbrio entre essas forças e o peso do objeto. Além disso, durante a reprodução autônoma dos experimentos, foram alteradas variáveis como o tipo de objeto utilizado (tamanho, massa e forma) e o tipo de líquido (água com detergente, por exemplo), e as observações dos alunos demonstraram uma maior capacidade de análise crítica sobre os fatores que influenciam o fenômeno observado.

A importância de integrar recursos tecnológicos e estratégias didáticas inovadoras ao modelo educacional visa enriquecer as metodologias tradicionais. Essa combinação torna o ensino mais dinâmico e adaptado às necessidades contemporâneas da educação. O objetivo é aprimorar a aprendizagem, mantendo o que foi eficaz no passado, mas inovando para enfrentar os desafios atuais. O uso dessas experimentações como uma metodologia ativa de ensino está gradualmente sendo adotado em ambientes educacionais, com resultados muito positivos obtidos por meio de experiências.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados demonstra que a abordagem investigativa adotada neste estudo foi eficaz para promover um aprendizado mais significativo e participativo sobre o conceito de tensão superficial da água. A estrutura da sequência didática, que integrou a experimentação prática com discussão teórica, possibilitou uma evolução no nível de autonomia dos alunos, refletindo a transição entre o terceiro e o quarto grau de liberdade de liberdade.

A realização de experimentos permitiu aos alunos explorar ativamente o fenômeno, enquanto as observações visuais proporcionaram uma representação concreta e tangível do conceito. Além disso, as discussões em sala de aula ofereceram oportunidades para os alunos compartilharem suas descobertas e construir uma compreensão coletiva do tema. Essa abordagem multifacetada contribuiu significativamente para uma compreensão mais sólida e holística da tensão superficial da água, preparando os alunos para aplicar esse conhecimento em diversos contextos, desde o cotidiano até aplicações científicas mais avançadas. É relevante destacar que todos os materiais necessários são de baixo custo e fácil acesso.

Assim, abordagens metodológicas que envolvem a investigação por meio de experimentação e o uso de recursos tecnológicos e de mídia se tornam ferramentas essenciais para auxiliar os docentes a aprimorar suas aulas e despertar o interesse dos alunos pelo assunto. Em contextos mais amplos, tais abordagens visam aumentar a participação, engajar os alunos, facilitar a aprendizagem, resolver problemas, desenvolver habilidades e motivar

ações para alcançar objetivos específicos.

Na proposta, a experimentação e a demonstração desempenham papéis essenciais para incentivar os alunos a refletir sobre as observações feitas. Os modelos, por sua vez, têm a função de representar o que ocorre em níveis submicroscópicos, sendo importante destacar que são utilizados como uma representação da realidade (Batista; Fusinato; Blini, 2009).

Diante dos resultados obtidos, é possível concluir que a experimentação investigativa, aliada a uma abordagem flexível e progressiva de ensino, é uma estratégia eficaz para o ensino de conceitos abstratos em Física. A sequência proposta didática apresentada tem potencial para ser replicada e adaptada em diferentes contextos educacionais, contribuindo para uma prática pedagógica mais interativa e voltada ao protagonismo dos alunos.

Editora Responsável: Maria de Fátima da Silva Verdeaux

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. São Paulo: Thomson, 2004. cap. 2, p. 19-33.

BATISTA, M.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R. B. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de física. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 31, n. 1, p.43-49, 2009. doi: <<https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v31i1.380>>.

BESERRA, A. A. Educação digital na educação 4.0: formação de professores e desafios sociais. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 10, n. 11, p. 21402163, 2024. doi: <<https://doi.org/10.51891/rease.v10i11.15081>>.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291313, 2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 765794, 2018. doi: <<https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>>.

DALTIN, D. *Tensoativos: química, propriedades e aplicações*. São Paulo: Editora Blucher, 2011.

FRASER, J. *Bombeamento de água acionado por tensão superficial: uma bomba d'água passiva de inspiração biológica*. Tese (Doutorado) Universidade Stellenbosch, Stellenbosch. 2015.

GIL, A. X.; SILVA, A. S. A dinamicidade de modelos através de animações para o ensino de física. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 7, n. 6, p. 593613, 2021. doi: <<https://doi.org/10.51891/rease.v7i6.1413>>.

LESH, R.; SRIRAMAN, B. Mathematics education as a design science. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, v. 37, n. 6, p. 490505, 2005. doi: <<https://doi.org/10.1007/bf02655858>>.

LOSS, L.; MACHADO, M. de L. Pressupostos teóricos e metodológicos da disciplina de física: experiências didáticas. *XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0210-2.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2009.

LOUREIRO, B. C. O. O uso das tecnologias da informação e comunicação como recursos didáticos no ensino de física. *Revista do Professor de Física*, v. 3, n. 2, p. 91100, 2019. doi: <<https://doi.org/10.26512/rpf.v3i2.24315>>.

MENDES, P. V. Mitos e verdades: soluções caseiras contra a dengue são medidas paliativas que podem até ser perigosas. Disponível em: *link*. Acesso em: 21 fev. 2025.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 9, n. 1, p. 89111, 2007. doi: <<https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>>.

OLIVEIRA, M. L. B. *FREEFLOW-AXI: um ambiente de simulação de escoamentos axissimétricos com superfícies livres*. f. 84. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2002. doi: <<https://doi.org/10.11606/D.55.2002.tde-29112002-164102>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

PARA. Para Pais e Professores. Disponível em: <https://images.app.goo.gl/7aRompSxtC9xoXAa6>. Acesso em: 21 fev. 2025.

PELLA, M. O. The laboratory and science teaching. *The Science Teacher*, v. 28, n. 5, p. 2931, 1961.

PLOMP, T. Educational design research: An introduction. *Educational design research*, p. 1150, 2013.

SÁ-SILVA, J. R.; SILVA, A. L. P.; MORAES, O. A.; SANTOS, A. J. S. Problematizações sobre o ensino de ciências por investigação na educação infantil. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 9, n. 1, p. 10951109, 2023. doi: <<http://dx.doi.org/10.51891/rease.v9i1.8334>>.

SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. S. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, n. 1, p. e1401, 2017. doi: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0167>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

STILCK, J. F.; BRUM, R. M. Reversible limit of processes of heat transfer. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 4, p.4306, 2013. doi: <<https://doi.org/10.1590/s1806-11172013000400006>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

WESENDONK, F. S.; TERRAZZAN, E. A. Condições acadêmico-profissionais para a utilização de experimentações por professores de Física do Ensino Médio. *Revista ENCITEC*, v. 10, n. 1, p. 3955, 2020.

ZANELLI, J. C. Pesquisa qualitativa em estudos da gestão de pessoas. *Estudos de Psicologia (Natal)*, v. 7, p. 7988, 2002.

ZANON, L. B.; PALHARINI, E. M. A química no ensino fundamental de ciências. *Química Nova na Escola*, v. 2, p. 1518, 1995.
