

FLUTUA OU AFUNDA? PRÁTICAS DE CIÊNCIAS EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O QUINTO ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

FLOATS OR SINKS? SCIENCE PRACTICES IN A DIDACTIC SEQUENCE FOR THE FIFTH YEAR OF ELEMENTARY SCHOOL

MARIANA LEDERMAN EDELSTEIN¹, TATIANA HOCHGREB-HAGELE², CASSIA FERNANDEZ³, CLAUDIA GODINHO PERIA⁴, PAOLA RICCI⁵

^{1,2,3,4,5}Transformative Learning Technology Lab (TLTLab), Columbia University

Resumo

Neste trabalho, apresentamos uma sequência didática que visa engajar estudantes do 5º ano em práticas epistêmicas de ciências para explorar a flutuabilidade dos corpos e o conceito de densidade. Com base na teoria de trabalho em grupo em salas de aulas heterogêneas (Complex Instruction), a sequência didática foi desenhada para apoiar os estudantes no processo de compreensão sobre como características invisíveis dos materiais influenciam suas propriedades observáveis (no caso, a densidade). Utilizando cubos projetados que permitem a análise das variáveis massa e volume separadamente, o modelo de bolinhas por espaço e a sistematização das observações experimentais por meio da elaboração e análise de gráficos, a sequência de atividades de aprendizagem permite que os estudantes possam construir sentido sobre as variáveis que afetam a flutuabilidade e os mecanismos envolvidos nesse processo, por meio da experimentação e reflexão. Este estudo sugere abordagens com engajamento nas práticas de ciências, como planejar e conduzir investigações, usar modelos, testar hipóteses e construir explicações, que podem facilitar a compreensão de conceitos abstratos e promover uma aprendizagem mais significativa para os estudantes.

Palavras-chave: Sequência Didática. Flutuabilidade. Ensino de Ciências. Práticas de Ciência.

Abstract

In this work, we present a curricular unit to engage 5th-grade students in epistemic practices of science to explore the buoyancy of bodies and the concept of density. Based on the theory of Complex Instruction, the unit was designed to support students in the process of understanding how invisible characteristics of materials influence their observable properties (in this case, density). Utilizing specially designed cubes that allow for the analysis of mass and volume variables independently, the model "balls per space", and the generalization of experimental observations through building and analyzing graphs, the sequence of learning activities enables students to make sense, through experimentation and reflection of the variables that influence buoyancy and the mechanisms involved in this process. This study proposes approaches based on the engagement in the practices of science, such as "planning and conducting investigations," "using models," "testing hypotheses," and "building explanations," to support students understanding of abstract concepts and promote more meaningful learning.

Keywords: Curricular Unit. Buoyancy. Science Education. Science Practices.

I. INTRODUÇÃO

Um dos objetivos do ensino de ciências é apoiar os estudantes no processo de descobrir e construir explicações sobre o mundo natural e o mundo construído que nos rodeiam. Mais do que apresentar informações e situações, o objetivo do processo educativo envolve a participação dos estudantes em discussões assim como o engajamento nos processos da ciência, tais como o planejamento de investigação, a argumentação e a avaliação, em um processo social e cultural em que os estudantes aprendem interagindo, e considera-se seus contextos e conhecimentos prévios (SASSERON e DUSCHL, 2016). A pesquisa mostra que o engajamento nos processos ou práticas epistêmicas de ciências apoia os estudantes a construir seus conhecimentos e assim alcançarem uma aprendizagem mais aprofundada e significativa (OSBORNE, 2014; SASSERON, 2018).

A flutuabilidade dos corpos é um tema importante dos currículos de ciências, e os desafios e estratégias para seu ensino vêm sendo largamente discutidos na literatura (PROJECT ZERO, 2005). Como acontece frequentemente no ensino de ciências, a concepção de flutuabilidade é construída a partir de conhecimentos prévios e possivelmente concepções alternativas baseadas no repertório de experiências do estudante. Por exemplo, os estudantes podem associar a flutuabilidade com a massa ou com o volume de um objeto, mas a relação entre essas dimensões pode causar confusão enquanto eles tentam construir uma explicação que envolva todas as variáveis.

Por se tratar de um assunto explorado nos anos iniciais do Ensino Fundamental (na BNCC este tema aparece no 5º ano do Ensino Fundamental, na habilidade EF05611), é natural que a abordagem inicial seja exploratória, de modo que os estudantes possam manusear objetos e materiais para comparar e identificar quais são capazes de afundar ou flutuar. Porém, na concepção atual do ensino de ciências, que para apoiar a alfabetização

científica dos estudantes considera tanto os conhecimentos conceituais quanto epistêmicos e procedimentais, limitar-se ao reconhecimento dos fatos e informações, sem engajar-se no processo de construção de explicações sobre os mecanismos subjacentes pode ser considerado não suficiente e até superficial, mesmo nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

As crianças desde muito pequenas observam e tentam dar sentido aos fenômenos que ocorrem à sua volta. Por iniciativa própria, elas realizam "experimentos" para tentar controlar o efeito de suas ações e provocações com os objetos (ABIB, 2014). As brincadeiras infantis, como rodar o pião, jogar bola e brincar na água, permitem que as crianças operem sobre os objetos, testem hipóteses e construam compreensões sobre o que está ocorrendo fisicamente com os materiais (PIAGET, 1972). Questionamentos relacionados aos fenômenos que nos cercam surgem de forma natural também com os adultos e se repetem em diferentes momentos da vida (JACOBS, 1997). Nesse movimento de curiosidade pelo mundo, potencializado pelo contexto cultural, os indivíduos elaboram e reelaboram suas hipóteses e explicações sobre os fenômenos. O planejamento de experiências de aprendizagem deve levar em conta os contextos, identidades e interesses dos estudantes. Isso é importante para tornar o processo de aprendizagem mais pessoal e ativo, promovendo uma construção significativa do conhecimento (RINALDI, 2006).

É comum que os estudantes associem a capacidade de flutuar ao peso dos objetos (BONGIORNO E RODRIGUES DE SOUZA, 2009). Nesse sentido, pode-se questionar: por que um navio que é tão grande e pesado flutua e um prego que é muito menor e mais leve afunda? Perguntas como essa podem incorporar novos elementos às explicações sobre as causas desse fenômeno (ABIB, 2014) e levar o estudante a refletir sobre sua hipótese inicial.

Aqui apresentamos uma sequência didática que foi estruturada para estimular a reflexão acerca da flutuabilidade para uma sala de aula do quinto ano do Ensino Fundamental, com atividades que, ao invés de se aterem à memorização de conceitos e fatos de ciências ou confirmarem o que a professora apresentou, visam permitir aos estudantes se engajarem em experiências de aprendizagem planejadas com base na seleção de grandes ideias duradouras (MITCHELL ET AL., 2017) e no engajamento em práticas epistêmicas de ciências (NATIONAL RESEARCH COUNCIL FRAMEWORK, 2012; SASSERON E DUSCHL, 2016). As práticas de ciências dizem respeito aos processos e ações utilizados por cientistas para investigar fenômenos e desenvolver teorias (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2012; OSBORNE, 2014; SASSERON, 2018). A pesquisa sobre ensino de ciências mostra que o engajamento nessas práticas estrutura e apoia os estudantes na construção do seu conhecimento nas aulas de ciências. O intuito é que os estudantes se envolvam como cientistas em práticas como planejamento e condução de investigações, análise de dados e criação de modelos, e desenvolvam ideias comuns ao grupo e apliquem de maneira transdisciplinar os conceitos (WINDSCHITL ET AL., 2021).

Descreveremos, neste artigo, como usamos esses princípios do ensino de ciências para o desenvolvimento de uma sequência didática que tem como objetivo apoiar a construção de entendimentos iniciais sobre os mecanismos envolvidos no conceito de flutuabilidade por estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental. Aqui apresentamos como recortes dessa sequência foram testadas em uma oficina de formação com professores do ensino fundamental do município de Sobral, Ceará (CURRÍCULO IDEIA DE CIÊNCIAS, 2020).

II. REFERENCIAL TEÓRICO

II.1. O PROBLEMA DA FLUTUABILIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Pesquisas demonstram como é difícil para os estudantes chegarem a uma compreensão científica da densidade (HASHWEH, 2016; SMITH ET AL., 1985; VITALE ET AL., 2019). Por exemplo, uma concepção comum entre estudantes de quinto ano do ensino fundamental é a ideia de que a flutuabilidade dos corpos está relacionada ao tamanho dos objetos, e não à sua densidade entendendo massa e densidade como propriedades análogas (SMITH ET AL., 1985; HOUGHTON ET AL., 2000). Além disso, a maioria dos estudantes tem dificuldade em distinguir densidade do volume e da massa de um objeto (YEEND ET AL., 2001), tendendo a se concentrar em uma característica do objeto (seja peso, tamanho ou forma), e não na relação entre elas. Este foco também é encontrado quando os estudantes explicam o afundamento e a flutuação. Normalmente, eles se concentram apenas no objeto que estão testando para ver se ele afunda ou flutua, ignorando o líquido em que o objeto está submerso (HOUGHTON ET AL., 2000).

Hashweh (2016) mostrou também que abordagens que enfatizam o desenvolvimento dos conceitos de densidade e da natureza particulada da matéria de maneira concomitante podem promover uma compreensão mais sólida do conceito de densidade. Segundo esse autor, sem um conceito claro de densidade, os estudantes muitas vezes explicam as diferenças em objetos do mesmo volume, mas com massas diferentes, como sendo devido ao fato de um objeto ser oco ou cheio de ar. Embora esta seja uma explicação possível (e seja um caso de densidade mista a densidade do material que envolve o espaço oco mais a densidade do ar no seu interior), os estudantes muitas vezes não percebem a possibilidade de que o objeto não seja oco, mas seja feito de uma substância de menor densidade devido à organização e características das partículas que o compõem.

II.2. AS GRANDES IDEIAS E AS PRÁTICAS DE CIÊNCIAS

O conceito de grandes ideias como forma de priorizar assuntos que devem ser abordados em profundidade tem sido utilizado na estruturação de currículos contemporâneos (CURRÍCULO IDEIA DE CIÊNCIAS, 2020; MITCHELL ET AL., 2017; SCHWARZ, PASSMORE, REISER, 2017), evitando que pela tentativa de garantir a cobertura de um conjunto extenso de conteúdos, a abordagem de ensino acabe acontecendo de maneira superficial. A identificação de grandes ideias não somente apoia o processo de reflexão sobre as ideias de ciências que são importantes para serem ensinadas, mas também permite a generalização de conceitos ao conectar e organizar fatos, habilidades e experiências, de modo que oferecem direção para os professores planejarem suas aulas de modo a tornarem a aprendizagem mais conectada para os estudantes (MITCHELL ET AL., 2017; WIGGINS E MCTIGHE, 2019). Ao selecionar um número limitado de grandes ideias organizadoras do conteúdo, que se desenvolvem progressivamente ao longo dos anos, o objetivo é que elas possam ser utilizadas para estruturar o ensino e aprendizagem a fim de que os estudantes possam avançar, em etapas e em profundidade e complexidade crescentes, as compreensões dos conhecimentos conceituais e epistêmicos de ciências.

A pesquisa também mostra que quando as grandes ideias são abordadas de maneira

combinada ao envolvimento com os processos ou práticas de ciências, tais como: planejar e realizar investigações; processar, representar e analisar dados; usar, avaliar e elaborar modelos; comunicar e avaliar suas conclusões; definir problemas e estabelecer critérios para o desenvolvimento de soluções; projetar e construir soluções e avaliar e refinar soluções, há uma potencialização da aprendizagem pelos estudantes (SONGER E KALI, 2014).

Esta mudança de foco no ensino de ciências para o trabalho com o desenvolvimento de práticas epistêmicas tem sido cada vez mais abordada nas pesquisas em todo o mundo e começa a figurar nos currículos escolares. A aprendizagem por meio do engajamento em práticas pressupõe um foco no desenvolvimento de modos de raciocinar próprios das ciências (SASSERON E MACHADO, 2017). O trabalho com novas informações; o levantamento e o teste de hipóteses; e a construção de explicações, representam algumas das práticas próprias do contexto da disciplina de ciências (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE E CRUJEIRAS, 2017). Osborne (2014) expressa a importância de que as práticas sejam consideradas como forma de possibilitar que as ciências apresentadas em sala de aula melhor representem os entendimentos atuais que se possui sobre a natureza das ciências, considerando seus aspectos sociais e culturais.

II.3. A ABORDAGEM PARA TRABALHOS EM GRUPOS HETEROGÊNEOS

Um desafio constante nas salas de aula é como estruturar atividades colaborativas que promovam uma participação equitativa entre estudantes em contextos de trabalho em grupos heterogêneos ("Complex Instruction"). Nesses ambientes, é essencial que todos os alunos possam aprender conceitos que variam do básico ao avançado (COHEN E LOTAN, 1997). A transição para uma sala de aula colaborativa, onde o professor deixa de ser o centro das atenções para se tornar um designer das atividades que acontecerão na sala de aula e facilitador de grupos que trabalham juntos na solução de problemas complexos, oferece uma oportunidade valiosa para formar grupos de trabalho em salas de aula heterogêneas. Essa mudança de dinâmica potencializa o engajamento de todos os estudantes, não se limitando apenas àqueles que tradicionalmente apresentam bom desempenho em avaliações conceituais. Os projetos em grupos heterogêneos incentivam a participação ativa e o comprometimento de todos, pois favorecem a interação, a tutoria entre pares e o aprendizado mútuo, permitindo a co-construção de significados a partir das diversas camadas de conhecimento presentes (JOHNSON, JOHNSON E HOLUBEC, 1998; SLAVIN, 2014; LOU, ABRAMI E D'APOLLONIA, 2001; MERCER, 2010).

A colaboração e o engajamento entre estudantes de diferentes capacidades podem ser potencializados através da utilização de tarefas abertas, que não têm uma única maneira de serem resolvidas e exigem a colaboração e contribuição de múltiplas habilidades. Essas tarefas permitem que cada estudante contribua de uma perspectiva única, enriquecendo os resultados e a resolução de problemas. Assim, promove-se a autonomia dos grupos de estudantes em seu próprio processo de aprendizado, fundamentado nas teorias de Vygotsky (2017) e Gardner (2006), e nas práticas sugeridas por Cohen e Lotan (2017). Cartões de atividade, cuidadosamente elaborados para fomentar a exploração e direcionar as descobertas, são ferramentas essenciais nesse processo. As perguntas que incentivam

discussões, experimentações, investigações, e a aplicação de métodos de tentativa e erro, facilitam a criação de soluções de forma independente, envolvendo todos na atividade.

Nesta abordagem, a autoridade intelectual é democratizada ao ser partilhada entre professor e estudantes. Isso os estimula a abraçar incertezas, gerir dilemas e desenvolver raciocínios variados para embasar suas conclusões. O modelo de trabalho em grupo proposto por Cohen e Lotan (2017) enfatiza o uso de cartões de atividade que delineiam objetivos e tarefas, desafiando os professores a desenhar atividades que assegurem a participação ativa de todos os estudantes. Esse método instrucional exige a integração com o currículo, a organização eficaz das atividades e a capacitação docente para a dinâmica de grupos em sala de aula (BIANCHINI, 1999).

Além dos cartões de atividades, que definem os produtos a ser elaborado pelo trabalho do grupo e os critérios de avaliação, podem ser disponibilizados também cartões de recursos que oferecem as informações que servem de apoio para as discussões do grupo e para a realização das tarefas. Essa estratégia permite que os estudantes construam seus conhecimentos em colaboração com os membros do grupo, e ao compartilharem suas produções com os demais grupos possam aprender sobre diferentes maneiras de resolver o problema, assim como autoavaliar seus esforços, consolidando um ambiente de aprendizado colaborativo, autônomo e profundamente engajado.

II.4. O CURRÍCULO IDEIA

A sequência didática que apresentamos foi elaborada como parte do processo de implementação do Currículo IDEIA, na cidade de Sobral, Ceará (CURRÍCULO IDEIA DE CIÊNCIAS, 2020). O currículo foi elaborado num processo colaborativo entre pesquisadores, professores e gestores da secretaria de educação municipal, alinhado às habilidades da BNCC na área de Ciências do Ensino Fundamental, e incorporando os princípios de grandes ideias e de práticas de ciências. As práticas de ciências e as grandes ideias estão organizadas em progressões que se desenvolvem ao longo dos anos para cada sub-eixo do Ensino Fundamental. Finalmente, esses objetos de aprendizagem conceitual e epistêmica, representados pelas práticas e grandes ideias, se concretizam como objetivos de aprendizagem nas expectativas de desempenho, as quais indicam os que se espera que os estudantes sejam capazes de fazer para evidenciar o que aprenderam.

A articulação entre o processo colaborativo e social de questionamento, argumentação e avaliação dos resultados e informações com a dimensão cultural das compreensões dos estudantes com base em suas vivências e experiências faz parte do processo de construção do conhecimento previsto no documento. A curiosidade, a investigação e a descoberta pelo aprender podem e devem estar nas situações corriqueiras de seu cotidiano, atreladas ao que faz sentido para o sujeito (FREIRE, 2017). Como propõe o Currículo IDEIA de Ciências (2020):

A partir de suas próprias hipóteses e investigações, e por meio de análises crítico-reflexivas, espera-se que estas alunas e alunos tornem-se exploradores (as) que consigam potencializar seu olhar científico sobre o mundo como um lugar a ser descoberto". (CURRÍCULO IDEIA DE CIÊNCIAS, 2020)

No currículo IDEIA, as expectativas de desempenho estão enunciadas em dois níveis as expectativas de desempenho da unidade indicam o que os estudantes serão capazes de fazer para demonstrar o que aprenderam, enquanto as expectativas de desempenho intermediárias têm como objetivo indicar caminhos que os estudantes podem percorrer a fim de desenvolver as compreensões necessárias para alcançar a expectativa final.

III. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste trabalho, apresentamos uma sequência didática para o quinto ano do Ensino Fundamental sobre a flutuabilidade dos corpos voltada a permitir o engajamento dos estudantes na construção de sentido sobre densidade, seguindo a unidade do eixo de Matéria e Energia do Currículo IDEIA de Ciências (2020) apresentado na figura 1. Na coluna da esquerda, as expectativas de desempenho da unidade (neste caso ME5.3 e 5.4) indicam o que os estudantes serão capazes de fazer para demonstrar o que aprenderam. À direita, as expectativas de desempenho intermediárias têm como objetivo indicar caminhos que os estudantes podem percorrer a fim de desenvolver as compreensões necessárias para alcançar a expectativa final. Para cada unidade, um conjunto de compreensões centrais estão indicados como Grandes Ideias. As Práticas de Ciências, por sua vez, especificam os processos com os quais espera-se que os estudantes se engajem ao longo da unidade.

Expectativas de desempenho	
ME5.3 Usar evidências para argumentar que a capacidade de um corpo de flutuar ou afundar em um líquido depende da relação entre suas densidades.	ME5.3.1 Planejar e realizar investigações para identificar os fatores que determinam se um corpo flutua ou afunda em um líquido. <i>Os fatores incluem a relação entre massa e volume dos corpos e líquidos (densidade), e independe do tamanho dos objetos. Podem ser analisados casos de corpos que afundam, ficam em equilíbrio ou flutuam sobre diferentes líquidos. Exemplos de corpos podem incluir objetos sólidos, bem como líquidos que não se misturam (por exemplo, óleo e água).</i>
ME5.4 Elaborar um modelo ou representação visual para explicar como a densidade dos materiais se relaciona à massa de suas partículas e à distância entre elas.	ME5.3.2 Coletar e representar graficamente dados de massa e volume de corpos feitos de diferentes materiais para identificar como as relações entre as duas variáveis determinam se o corpo afunda ou flutua em um líquido. <i>Espera-se que os alunos definam as estratégias para coletar os dados de massa e volume (para os dados de volume, pode ser feita a medição de seus lados ou a sua submersão em líquidos, por exemplo). Exemplos de materiais para análise podem incluir: madeira, plástico, isopor, rochas ou alimentos, por exemplo. Podem ser fornecidos vários corpos de um mesmo material, bem como materiais de mesmas dimensões feitos de materiais diferentes. Após a representação gráfica dos dados, os estudantes podem comparar as densidades de objetos que flutuam ou afundam em determinados líquidos para identificar padrões e fazer previsões.</i>
	ME5.4.1 Usar modelos para testar hipóteses a respeito de como a massa e o distanciamento das partículas que compõem um material estão relacionadas à sua densidade. <i>Podem ser usados modelos que permitam identificar que os átomos de diferentes substâncias possuem massas distintas, e que a distância entre suas partículas também pode variar. Exemplos de modelos podem incluir: modelos físicos (como recipientes preenchidos com bolinhas) ou simulações computacionais.</i>
Grandes ideias	
<ul style="list-style-type: none"> • Toda matéria é feita de partículas muito pequenas para ser vistas a olho nu, chamadas de átomos. • A forma como as partículas da matéria se organizam definem algumas de suas propriedades observáveis. • As propriedades dos materiais podem ser medidas e usadas para identificá-los. • A densidade é uma propriedade das substâncias que depende da relação entre sua massa e volume, e independe do formato ou tamanho do objeto. 	
Práticas	
Planejar e realizar investigações <ul style="list-style-type: none"> • Planejar investigações identificando as variáveis que precisam ser medidas e definindo os materiais e equipamentos necessários para a coleta de dados. • Coletar dados e fazer observações medindo até duas variáveis de maneira sistemática. • Registrar dados e observações por meio de desenhos, tabelas, textos, diagramas e/ou ferramentas computacionais. 	
Processar, representar e analisar dados <ul style="list-style-type: none"> • Descrever e comparar dados, informações e observações de maneira qualitativa e/ou quantitativa com base na interpretação de registros e representações envolvendo duas variáveis. • Elaborar e interpretar representações de dados para identificar padrões e/ou estabelecer relações entre duas variáveis. 	
Usar, avaliar e elaborar modelos <ul style="list-style-type: none"> • Usar modelos para prever ou testar relações de causa e efeito e/ou descrever as interações entre os elementos visíveis ou invisíveis de um fenômeno ou processo. • Elaborar modelos para ilustrar e explicar as relações entre as principais variáveis ou aspectos de um fenômeno ou processo e as relações de causa e efeito. 	
Elaborar explicações e argumentos com base em evidências <ul style="list-style-type: none"> • Combinar evidências obtidas de experimentos, análise de dados e/ou informações para elaborar argumentos que apoiem uma conclusão. • Comunicar ideias e conclusões de maneira oral ou escrita, utilizando desenhos, imagens, modelos, textos ou gráficos para fornecer detalhes sobre fenômenos ou processos. 	

Figura 1: Unidade de Matéria e Energia, sub-eixo de Estrutura e Propriedades da Matéria do 5º ano do EF no Currículo IDEIA de Ciências (2020).

O tema da flutuabilidade é frequentemente explorado nas salas de aula do Ensino Fundamental, porém a exploração experimental desse fenômeno muitas vezes foca na identificação dos objetos que afundam ou flutuam. Permanece assim o desafio de apoiar os estudantes a construírem explicações sobre como a densidade dos materiais se relaciona a características invisíveis da matéria, ligadas às propriedades e organização das partículas em cada material. Neste contexto, a ideia de densidade é também uma maneira de introduzir a natureza particulada da matéria como forma de explicar fenômenos observáveis, e inferir que a matéria é feita de partículas, e a forma como as partículas da matéria se organizam definem algumas de suas propriedades observáveis.

III.1. QUAIS FATORES DETERMINAM SE UM CORPO FLUTUA OU AFUNDA EM UM LÍQUIDO?

A primeira atividade da SD propõe que os estudantes utilizem cubos projetados especificamente para apoiá-los na comparação e identificação das variáveis que podem estar influenciando o comportamento dos cubos ao serem colocados na água. Os cubos foram construídos de materiais diferentes (gesso, madeira ou isopor), mantendo constante uma das variáveis em comparações par a par (tamanho ou massa), conforme representado na Figura 2.

A definição de cubos com essas especificações tem como objetivo desenvolver um arcabouço (framework) que permitisse aos aprendizes explorar de maneira relativamente isolada as influências de variáveis como massa, material e volume na flutuabilidade dos cubos, ao serem submersos em água, dois a dois. Ao observar que o tamanho do cubo não afeta a flutuabilidade de cubos do mesmo material (como nos cubos de madeira) e que o volume sozinho não determina a flutuabilidade (ao comparar o cubo grande de isopor com o pequeno de gesso), poderão identificar que a flutuabilidade é influenciada pela natureza da composição do material.

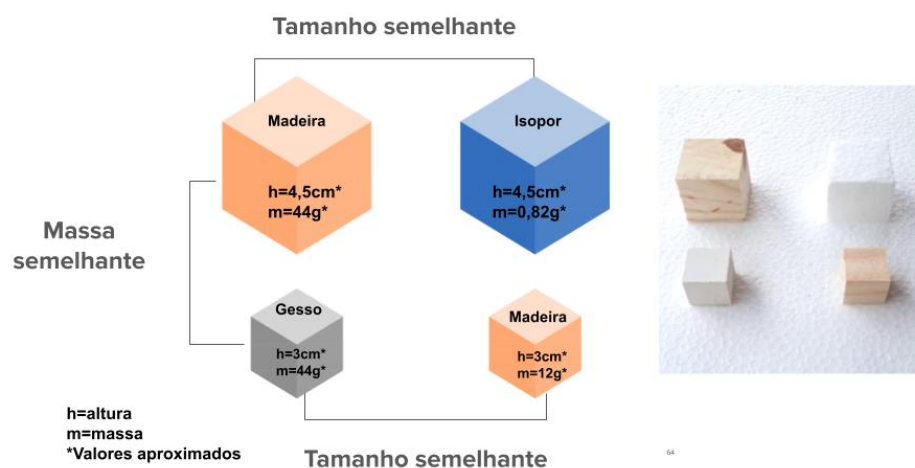


Figura 2: Esquema desenvolvido para a construção dos cubos de forma a manter as relações de proporção necessárias para a eficácia da atividade. (Imagem: TLT Lab)

Para estruturar as atividades de aprendizagem da sequência didática, utilizamos a metodologia de Trabalho em grupos em salas de aulas heterogêneas (COHEN E LOTAN, 1997) para a elaboração de cartões de atividade e de recursos que apoiam os estudantes a trabalharem em pequenos grupos de forma autônoma e colaborativa.

A atividade inicial, cujo cartão de atividades está apresentando na Figura 3, está alinhada à expectativa de desempenho ME5.3.1 Planejar e realizar investigações para identificar os fatores que determinam se um corpo flutua ou afunda em um líquido, e tem como objetivo apoiar os participantes a se engajarem nas práticas de ciências de planejar e realizar investigações, coletar e analisar dados, e comunicar e avaliar suas conclusões a fim de poderem formular hipóteses sobre o comportamento de cubos com diferentes tamanhos e massas ao serem testados na água. Nessa atividade, com base nos dados coletados, eles devem analisar os fatores envolvidos na flutuabilidade dos objetos.

As questões propostas no cartão da Atividade 1 (Figura 3) foram desenhadas para trazer os estudantes para o processo de exploração dos materiais, estruturando e promovendo discussões entre os participantes do grupo. Ao invés de instruir diretamente o que os estudantes devem fazer, as perguntas são abertas e utilizam verbos de alta demanda cognitiva que têm por objetivo engajar os estudantes nas práticas epistêmicas de ciências, incentivando-os assim a conversarem e tomarem decisões sobre como planejar e realizar a investigação. Exemplos de estratégias para fomentar o engajamento nessa prática estão representados no uso de perguntas como "Teste suas previsões usando os recipientes com água: o que vocês observaram?" e "Com base nos resultados, quais são as suas conclusões sobre os fatores que determinam se um objeto flutua, afunda ou o quão alto ele flutua?".



FLUTUA OU AFUNDA? CARTÃO DE ATIVIDADE 1



Em seus grupos:

- Usando os materiais disponíveis e o quadro organizador para anotar suas observações:
 - Analisem os cubos disponíveis e discutam: quais deles vocês acham que vão flutuar ou afundar?
 - Testem suas previsões usando os recipientes com água: o que vocês observaram?
- Comparem os resultados dos testes com suas previsões iniciais. Vocês percebem algo novo?
- Com base nos resultados, o que vocês podem concluir sobre os fatores que influenciam se um corpo flutua ou afunda na água, ou o *quanto* ele flutua?

Produto do grupo

Em uma folha sulfite, elaborem uma lista descrevendo:

- o(s) fator(es) que influenciam se um corpo flutua ou afunda na água
- o(s) fator(es) que não influenciam se um corpo flutua ou afunda na água

Incluam uma frase que justifique suas conclusões.

Critérios de avaliação:

- Os fatores apresentados se baseiam em análises obtidas a partir dos testes realizados.

Figura 3: Esquema desenvolvido para a construção dos cubos de forma a manter as relações de proporção necessárias para a eficácia da atividade. (Imagem: TLT Lab)

Nessa atividade é fornecido como recurso aos estudantes um quadro organizador (Figura 4), que serve como arcabouço no processo de estruturar e testar suas hipóteses. Em uma primeira coluna (hipótese), os estudantes são orientados a registrar previamente o que acham que vai acontecer, permitindo assim que possam acionar conhecimentos prévios e até concepções alternativas para fazer suas previsões. Essa etapa é importante para que os estudantes possam expressar suas ideias, talvez até tenham que negociar no grupo diferentes alternativas, e ao fazer esse registro poderão mais intencionalmente confrontar essas ideias e discorrer acerca das observações obtidas a partir dos seus testes sobre a flutuabilidade dos cubos. Para o professor também é importante ter acesso a como os estudantes pensam e poder refletir sobre suas interações e assim poder planejar suas próximas aulas e discussões considerando a maneira como os estudantes justificam suas hipóteses.

Como tarefa para o grupo realizar, e assim poder aplicar suas ideias e compreensões desenvolvidas ao longo das discussões propostas, no produto do grupo pede-se que os estudantes identifiquem, com base em suas experimentações com os cubos, os fatores que influenciam ou não a flutuabilidade dos corpos na água. Para isso, os estudantes terão que articular e justificar as suas conclusões, permitindo também ao professor ter acesso ao raciocínio dos estudantes e recursos para facilitar a discussão em sala de aula. O produto final do grupo é uma forma de assegurar aos estudantes espaço para demonstrar seus conhecimentos, assim como permitir o reconhecimento público do professor sobre seus desempenhos intelectuais (COHEN E LOTAN, 1995).



FLUTUA OU AFUNDA? QUADRO ORGANIZADOR 1



Cubo	Flutua ou Afunda?		Observações
	Hipótese (o que vocês acham que vai acontecer?)	Teste (o que realmente acontece?)	
Madeira grande			
Madeira pequeno			
Isopor grande			
Gesso pequeno			

Figura 4: Quadro organizador 1 a ser preenchido pelo grupo. (Imagem: TLT Lab)

III.2. COMO CUBOS DE MESMO TAMANHO PODEM TER MASSAS DIFERENTES?

Na segunda atividade, o objetivo é dar continuidade à construção de sentido pelos estudantes, avançando para a medição das dimensões dos cubos de diferentes tamanhos e materiais (Figura 6). O objetivo é que os participantes tomem as decisões sobre os procedimentos que vão usar para medir e comparar os cubos. Com base nas suas observações, espera-se que possam contrastar seus achados motivados pela pergunta proposta no cartão de atividades 2 (Figura 5): Como cubos de mesmo tamanho podem ter massas diferentes

Para fomentar a discussão do grupo acerca de ideias importantes na comparação entre os fatores que influenciam a flutuabilidade dos cubos, são propostas algumas perguntas do tipo Como e Por que, que requerem que os membros do grupo testem seus materiais para poder propor explicações para suas observações:

"Como cubos de mesmo tamanho podem ter massas diferentes?

Como cubos de mesma massa podem ter tamanhos diferentes?

Como dois cubos de massas semelhantes podem ter comportamentos diferentes em relação a flutuar ou afundar?

Por que o cubo de isopor grande, mesmo sendo maior, flutua enquanto o cubo de gesso menor afunda?"

Contando que ainda possa ser necessário dar insumos e referências para apoiar o o grupo enquanto realizam a tarefa e possa alcançar esses objetivos, foram fornecidos cartões de recursos que fazem esse papel. Por exemplo, dando aos estudantes de 5^o ano a estratégia para medir o volume dos cubos no cartão de recursos 1 (Figura 7), e apresentando o modelo visual de bolinhas por espaço no cartão de recursos 2 (Figura 8), a fim de apoiar os estudantes no processo de raciocinar e lidar com as observações contrastantes.

O modelo visual de "bolinhas por espaço" de vários materiais (PROJECT ZERO, 2005) representa o peso do objeto pelo número de bolinhas presentes dentro de diferentes cubos de mesmo volume. O tipo de material é atribuído à conjunção do peso e do volume, retirando a variável da aparência externa. De modo importante, a proposta é que esse modelo de bolinhas possa servir como uma ferramenta de raciocínio ao longo da atividade, inclusive na elaboração da tarefa do grupo, como estratégia para representar o conceito de densidade de forma visível, porém sem precisarem usar a nomenclatura científica ou definir essa propriedade (BROWN E RYOO, 2008).

No produto, espera-se que os estudantes usem os dados obtidos a partir das observações, conforme indicado nos critérios de avaliação, para identificar que a organização e propriedades microscópicas da matéria definem o comportamento do objeto, e não a mera relação entre a massa e o volume do corpo (o que seria uma consequência dessas propriedades e organização), como costuma ser ensinado ao utilizar a fórmula $d=m/v$ (onde d é densidade, m é a massa do objeto e v é o volume do objeto considerado).



FLUTUA OU AFUNDA? CARTÃO DE ATIVIDADE 2



Em seus grupos:

- Façam medições para coletar dados dos cubos disponibilizados e completem o quadro organizador 2 com o uso do cartão de recursos 1.

Com base nas observações e nos cartões de recursos, discutam:

- Como cubos de mesmo tamanho podem ter massas diferentes? Como cubos de mesma massa podem ter tamanhos diferentes? Usem o modelo de "bolinhas por espaço" (cartão de recursos 2) para pensar nisso.
- Analisem os cubos de madeira grande e de gesso pequeno: como dois cubos de massas semelhantes podem ter comportamentos diferentes em relação a flutuar ou afundar?
- Por que o cubo de isopor grande, mesmo sendo maior, flutua, enquanto o cubo de gesso, menor, afunda?

Produto do grupo

Criem, em uma cartolina, uma representação visual para explicar por que cada um dos materiais estudados flutuam ou afundam na água.

Inspirem-se no modelo de "bolinhas por espaço" do cartão de recursos 2.

Critérios de avaliação:

- O produto utiliza o conceito de "bolinhas por espaço" para representar a sua ideia.
- O produto inclui representações para a água e para cada um dos três materiais estudados.
- O produto apresenta legendas que o tornam auto-explicativo.

Figura 5: Cartão de atividade 2 com a descrição do que deve ser feito pelo grupo na atividade e os critérios de avaliação. (Imagem: TLT Lab)



FLUTUA OU AFUNDA? QUADRO ORGANIZADOR 2



Usem os materiais disponíveis para fazer as medições e cálculos:

- Régua
- Balança
- Calculadora

Material	Massa (g)	Volume (cm ³) (altura x largura x comprimento) <i>Vocês podem usar o cartão de recursos 1 para consultar como calcular o volume do cubo.</i>
Madeira grande		
Madeira pequeno		
Isopor grande		
Gesso pequeno		

Figura 6: Quadro organizador 2. (Imagem: TLT Lab)

FLUTUA OU AFUNDA? CARTÃO DE RECURSOS 1

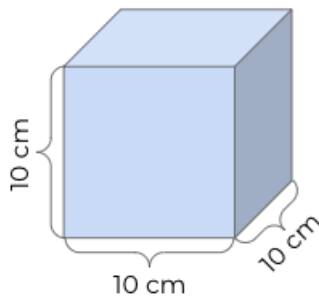
Como medir o tamanho de um cubo

O cubo é um objeto com três lados iguais (comprimento, largura e altura). O tamanho do cubo corresponde ao seu volume.

Para calcular o volume (cm³) de um cubo:

1. Meçam um dos lados do cubo para descobrir seu **comprimento** (que será igual à sua largura e altura)
2. Multipliquem então o comprimento pela largura e altura.

Exemplo:



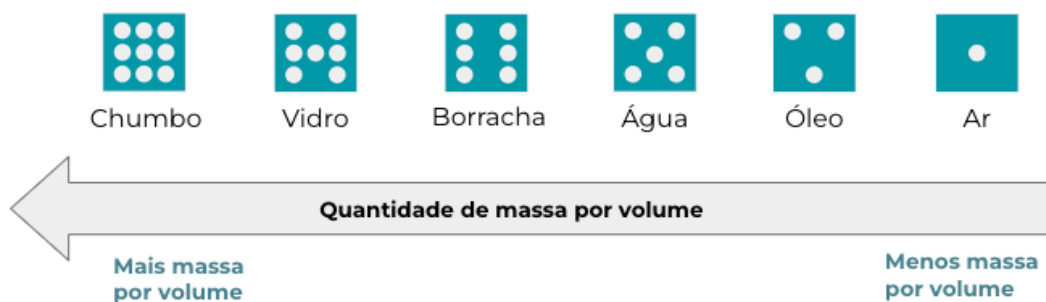
Comprimento: 10 cm
Largura: 10 cm
Altura: 10 cm

Volume = 10x10x10 = 1000
Volume: 1000 cm³

Figura 7: Cartão de recursos 1 com a explicação de como medir o tamanho de um cubo. (Imagem: TLT Lab)

FLUTUA OU AFUNDA? CARTÃO DE RECURSOS 2

Modelo visual das “bolinhas por espaço” de vários materiais



Todos os corpos têm uma massa, e dependendo do seu tamanho, podem ser mais “pesados” ou mais “leves” para o seu tamanho.

Neste modelo, as bolinhas representam a quantidade de massa num mesmo volume. Para um mesmo volume, quanto mais bolinhas o material tem, mais “pesado para o seu tamanho” ele é.

Figura 8: Cartão de recursos 2 com o modelo visual das “bolinhas por espaço” de vários materiais. (Imagem: TLT Lab)

III.3. GENERALIZANDO PARA CADA MATERIAL

Para avançar na compreensão do que determina se um material flutua ou afunda, a Atividade 3 é proposta. Nessa atividade, os grupos fazem as medições e registram, em um gráfico em que a linha de densidade da água já está indicada, as massas e volumes de cubos feitos de três materiais distintos, cada um em três tamanhos diferentes. O objetivo é que os estudantes tracem linhas representando a flutuabilidade dos materiais, permitindo uma análise de como esses objetos se comportariam ao serem imersos em água, conforme descrito por Vitale, Applebaum e Linn (2019). A figura 9 ilustra um exemplo de como esse gráfico final poderia aparecer.

Neste contexto, considerando A, B e C como materiais distintos, os estudantes podem inferir, em uma discussão de análise dos dados mediada pela professora, que materiais cujas retas de densidade se posicionam abaixo da reta da água tendem a flutuar, dado que são relativamente menos densos para seu volume comparados à água. Por outro lado, materiais cujas retas estão acima são mais densos em relação ao seu volume comparado à água e, portanto, tendem a afundar. Esta atividade não só permite que os estudantes explorem a relação entre massa e volume, mas também os ajuda a entender em quais circunstâncias um material afunda ou flutua, promovendo aprendizado por meio da experimentação direta e do raciocínio lógico, em vez de uma abordagem puramente instrucional sobre densidade. Futuramente, possibilita a exploração do comportamento dos materiais em líquidos diferentes da água pura.

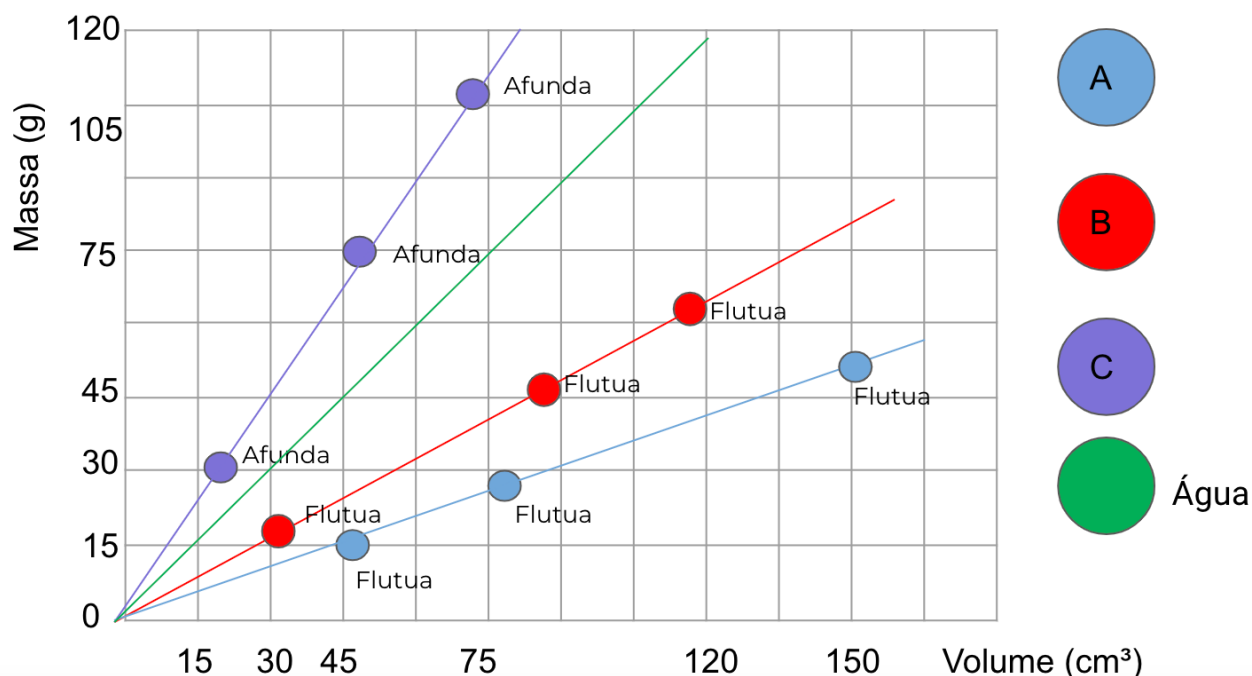


Figura 9: Gráfico modelo das relações entre massa e volume para cada material. (Imagem: TLT Lab)

Nesta atividade, a classe tem a oportunidade de identificar graficamente que existe uma linearidade entre as razões de massa e volume para cada material. Embora não seja

esperado que estudantes de quinto ano compreendam o significado do coeficiente angular, esta atividade pode ser uma introdução à utilização de gráficos como instrumentos de análise e visualização de padrões em dados.

III.4. IMPLEMENTAÇÃO

A sequência didática apresentada foi implementada em uma oficina para professores como parte do processo de implementação do novo Currículo IDEIA de Ciências em Sobral. Nessa oficina, o objetivo era modelar para os professores uma sequência didática planejada com base no novo currículo, assim como os princípios pedagógicos da abordagem de trabalho em grupo para grupos heterogêneos. Para isso foram feitos recortes de atividades centrais da SD (Atividade 1 e 2), em que os professores tinham a oportunidade de participar como aprendizes, seguida de reflexão pedagógica sobre os potenciais da atividade para a aprendizagem dos estudantes. A oficina foi realizada com 60 professores da rede municipal de Sobral, com duração total de 90 minutos, distribuída em 40 minutos para a Atividade 1 (Flutua ou Afunda? - Parte 1), e 50 minutos para a Atividade 2 (Flutua ou Afunda? - Parte 2).

Os professores foram organizados em pequenos grupos de 4 a 5 participantes, misturando professores de diferentes escolas, bem como homens e mulheres. Foi feita a orientação para o trabalho em grupo: os professores participantes receberam papéis para contribuir no trabalho do grupo, e utilizando os respectivos cartões de atividade e recursos, bem como os materiais físicos produzidos para a atividade, realizaram as discussões e conduziram os experimentos para a investigação proposta.

Na segunda atividade (cartão de recursos na Figura 5), pedia-se que os grupos realizassem o seguinte produto:

Criem em uma cartolina uma representação visual para explicar por que cada um dos materiais estudados flutuam ou afundam na água. Inspirem-se no modelo de bolinhas por espaço.

Na figura 10 estão apresentados exemplos de produções de dois grupos, nas quais usaram o modelo de "bolinhas por espaço" para explicar e interpretar suas observações. No primeiro grupo, a representação faz uma progressão entre a quantidade de bolinhas, em objetos de mesma dimensão e materiais diferentes, com a quantidade de massa por volume. No segundo grupo, é interessante que trazem mais um componente, ao manterem constante a razão de pontinhos nos blocos de madeira grande ou pequeno, porém aumentando o número de pontos no bloco maior. Em ambos os grupos há evidências de que os participantes puderam representar que para cada material, quanto maior a quantidade de massa por volume, mais "bolinhas" estão presentes dentro do cubo e que, portanto, a densidade é uma característica do material.

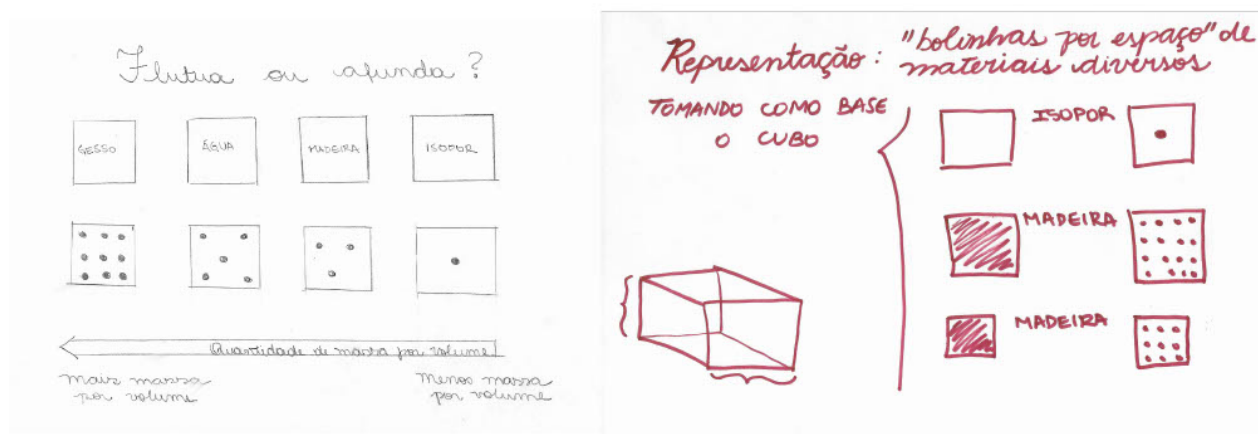


Figura 10: Exemplos de representações elaboradas pelos grupos de professores participantes na oficina de implementação da atividade. (Imagem: TLT Lab)

IV. DISCUSSÃO

Existem muitas maneiras de abordar a flutuabilidade. Nesta sequência didática, propomos uma série de atividades de aprendizagem desenvolvidas com a intenção de apoiar os estudantes no processo de exploração do fenômeno e construção de sentido sobre os mecanismos estruturais subjacentes à capacidade de materiais distintos de flutuar ou afundar. Para isso, tomamos como referência os aspectos que com mais frequência confundem os estudantes, de modo que pudessem confrontar suas ideias prévias com os achados experimentais, e assim terem que reorganizar os conceitos para encaixar as novas ideias. Por exemplo, uma confusão comum é a dificuldade de separar e distinguir os fatores volume e massa (YEEND ET AL., 2001). Para isso, desenvolvemos cubos nos quais essas características variavam de maneira estruturada, a fim de apoiar a comparação isolada das variáveis e sua influência na capacidade de um corpo afundar ou flutuar na água.

Além disso, as atividades foram desenhadas para responder a perguntas específicas e delimitadas, que progressivamente iam se desenvolvendo a fim de apoiar os estudantes na construção dos conhecimentos necessários para alcançar as compreensões centrais esperadas ao final da unidade (toda matéria é feita de partículas muito pequenas para ser vistas a olho nu, chamadas de átomos; a forma como as partículas da matéria se organizam definem algumas de suas propriedades observáveis; as propriedades dos materiais podem ser medidas e usadas para identificá-los; a densidade é uma propriedade das substâncias que depende da relação entre sua massa e volume, e independe do formato ou tamanho do objeto).

Embora ambicioso para o 5º ano, consideramos que é importante que os estudantes consigam avançar além do reconhecimento dos fatores que influenciam a flutuabilidade, compreendendo por que diferentes materiais variam entre si quanto à flutuabilidade, ao invés de simplesmente terem que aceitar isso como fato. Para isso, recorreremos à representação de bolinhas por espaço como um modelo para representar a ideia de que

os materiais são compostos por partículas invisíveis a olho nu, e que as características e organização dessas partículas relacionam-se às propriedades observáveis dos materiais. Ao usar e construir modelos, os estudantes têm maneiras concretas para desenvolver suas ideias e compartilhá-las publicamente (WINDSCHITL ET AL., 2021; SCHWARZ ET AL., 2009; GOUVEA & PASSMORE, 2017; FERNANDEZ ET AL., 2024).

No entanto, é importante destacar que o modelo de bolinhas por espaço possui algumas limitações do ponto de vista físico. A densidade não pode ser explicada apenas por meio da concentração de partículas por espaço, mas deve levar em conta também outros fatores, como a massa atômica dos elementos que compõem o material, e a densidade mista (por exemplo, o ar que permeia o material). Por se tratar de uma primeira aproximação com o tema para estudantes do Ensino Fundamental 1, ainda não familiarizados com conceitos como a natureza particulada da matéria, optou-se pela utilização de um modelo simplificado para explicação do fenômeno. Entretanto, em séries futuras, o modelo poderia ser revisto e aprofundado.

Finalmente, essa sequência se baseia nas grandes ideias e nas práticas de ciências propostas no Currículo IDEIA de Ciências (2020), e no framework pedagógico de Complex Instruction para o trabalho em grupo (COHEN E LOTAN, 2017). Nessa proposta, as atividades são iniciadas com perguntas abertas que têm como objetivo apoiar os estudantes na exploração do problema e no levantamento e discussão de ideias. Assim, ao invés de perguntas do tipo o quê ou quais, as questões que motivaram as discussões nos grupos foram planejadas para que os estudantes precisassem criar e testar suas hipóteses para construir explicações fundamentadas. Por fim, os cartões de atividade, cartões de recurso, materiais para teste e modelo utilizado foram desenhados de forma a possibilitar que os estudantes avançassem progressivamente em direção à construção de sentido.

Os professores relataram que o conteúdo de flutuabilidade "é uma matéria difícil de ensinar por ser muito abstrata" e que a oficina trouxe uma nova perspectiva para levar o tema à sala de aula. Para muitos foi um momento de desconstrução de teorias e de criação de novas formas de pensar sobre o ensino de ciências. Também foi uma oportunidade de testar com os colegas uma forma concreta de abordar este tema em sala de aula. Os professores que participaram da oficina sugeriram expandir o tempo dedicado a cada atividade investigativa e de reflexão na sequência para garantir maior aprofundamento e oportunidade para o debate.

V. CONCLUSÃO

A sequência didática foi desenhada com um foco na exploração da flutuabilidade dos corpos por meio do engajamento dos estudantes em práticas epistêmicas científicas (SASSERON, 2019; OSBORNE, 2014). Os resultados observados na implementação na oficina de formação com professores corroboram as afirmações de Sasseron e Duschl (2016), indicando que o engajamento nessas práticas apoia a construção de conhecimento em ciências. Além disso, a estratégia de utilização de "cubos projetados" para investigar a flutuabilidade, baseada em experimentação e reflexão, alinha-se com os conceitos de aprendizagem significativa discutidos por Abib (2014) e Piaget (1972). Este estudo ilustra a importância de abordagens pedagógicas que valorizem o engajamento em práticas científicas para a construção do

conhecimento, como estratégia para promover formas mais contextualizadas e significativas de aprender ciências.

REFERÊNCIAS

ABIB, M. L. V. dos S. Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). Cengage Learning, São Paulo, 2014.

BONGIORNO, V. de F.; RODRIGUES DE SOUZA, C. Flutua ou Afunda. In: SCHIEL, D.; ORLANDI, A. S. (Org.). Ensino de Ciências por Investigação. Centro de Divulgação Científica e Cultural. São Carlos, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

BROWN, B. A.; RYOO, K. Teaching science as a language: A content-first approach to science teaching. *J. Res. Sci. Teach.* 45, 529553, 2008.

COHEN, E.; LOTAN, R. *American Educational Research Journal*, v.32, p.99, 1995.

COHEN, E.; LOTAN, R. Working for equity in heterogeneous classrooms: Sociological theory in practice. New York: Teachers College Press, 1997.

COHEN, E.; LOTAN, R. Planejando o Trabalho em Grupo: estratégias para salas de aula heterogêneas. 3. ed. Penso, Porto Alegre, 2017.

CURRÍCULO IDEIA DE CIÊNCIAS. 2020. Disponível em: <<https://www.curriculoideia.org/>>. Acesso em: 14 de março de 2024.

diSESSA, A. A. A History of Conceptual Change Research: Threads and Fault Lines. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (3rd ed., pp. 114-133). New York: Cambridge University Press, 2022.

FERNANDEZ, C. et al. Making for science: a framework for the design of physical materials for science learning. *Educ. Technol. Res. Dev.*, 2024. doi:10.1007/s11423-023-10340-y.

GARDNER, H. *Multiple Intelligences*. New Horizon, New York, 2006.

GOUVEA, J.; PASSMORE, C. Models of versus models for: Toward an agent-based conception of modeling in the science classroom. *Science Education*, v. 26, n. 12, p. 4963, 2017. <<https://doi.org/10.1007/s11191-017-9884-4>>.

HARLEN, W. Principles and big ideas of science education. In: ROSA, D. et al. (Eds.). Published by the Association for Science Education. Wynne Harlen with the contribution of

Derek Bel, 2010.

HOUGHTON, C., RECORD, K., BELL, B., GROTZEE, T.A. Conceptualizing density with a relational systemic model. Paper presented at the Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, LA, 2000.

JACOBS, H. Refining the map through essential questions. In: Mapping the Big Picture: Integrating Curriculum Assessment K-12 (25-33). Alexandria, VA: ASCD (Association for Supervision and Curriculum Development), 1997.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. *Science Education*, v. 31, 2017.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; HOLUBEC, E. Cooperation in the classroom. Boston, 1998.

LOU, Y.; ABRAMI, P. C.; dAPOLLONIA, S. Small group and individual learning with technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, v. 71, n. 3, p. 449-521, 2001. doi:10.3102/00346543071003449.

MERCER, N. The analysis of classroom talk: Methods and methodologies. *Br. J. Educ. Psychol.*, v. 80, p. 114, 2010.

MITCHELL, I. et al. Using big ideas to enhance teaching and student learning. *Teach. Teach. Theory Pract.*, v. 23, p. 596-610, 2017.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC Framework). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. The National Academies Press, Washington, 2012. <<https://doi.org/10.17226/13165>>.

OSBORNE, J. Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *J Sci Teacher Educ*, 2014. <<https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>>.

PIAGET, J. Desenvolvimento e aprendizagem. In: *Studying teaching (1972)*: 1-8.

PROJECT ZERO. Causal Patterns in Density: Lessons to Infuse into Density Units to Enable Deeper Understanding. Harvard Graduate School of Education, Cambridge, Massachusetts, 2005.

RINALDI, C. Diálogos com Reggio Emilia: Escutar, investigar e aprender. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. *Rev. Bras. Pesqui. em Educ. em Ciências*, 2018. doi:10.28976/1984-2686rbpec20181831061.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. Alfabetização Científica na prática: inovando a forma de ensinar física. 1a. ed. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2017.

SCHWARZ, C. V.; PASSMORE, C.; REISER, B. J. Moving Beyond "Knowing About" Science to Making Sense of the World. In: SCHWARZ, C. V.; PASSMORE, C.; REISER, B. J. (Org.). *Helping students make sense of the world using Next Generation Science and Engineering Practices*. NSTA Press, 2017.

SCHWARZ, C. V. et al. Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *J. Res. Sci. Teach.*, v. 46, p. 632654, 2009.

SLAVIN, R. E. Making cooperative learning powerful. *Educational Leadership*, v. 72, p. 22 - 26, 2014.

SMITH, C.; SNIR, J.; GROSSLIGHT, L. *Cognition and Instruction*, v. 9, n. 3, p. 221, 1992.

SONGER, N. B.; KALI, Y. Science education and the learning sciences as coevolving species. In: *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences, Second Edition (565586)*. Cambridge University Press, 2014. doi:10.1017/CBO9781139519526.034.

VITALE, J. M.; APPLEBAUM, L.; LINN, M. C. Coordinating between Graphs and Science Concepts: Density and Buoyancy. *Cognition and Instruction*, v. 37, n. 1, p. 3872, 2019. DOI: 10.1080/07370008.2018.1539736.

VYGOTSKY, L. In: CLAPP, E. et al. (Org.). *Maker-Centered Learning: empowering young people to shape their worlds*. São Francisco: Jossey-Bass, 2017.

WINDSCHITL, M.; THOMPSON, J.; BRAATEN, M. *Ambitious Science Teaching*. Education Press, Harvard Cambridge Massachusetts, 2021.

YEEND, R.; LOVERUDE, M. E.; GONZALEZ, Barbara L. Student understanding of density: a cross-age investigation. In: *Physics Education Research Conference*. Rochester, New York, 2001.