



**ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: Uma Proposta para o Ensino de Empuxo para alunos do Ensino Médio**

**FÁBIO ANDRADE DE MOURA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Orientador:** Prof. Dr. Rubens Silva

Belém-Pará  
Setembro-2018



**ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA.**

ATA DA 16ª SESSÃO DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTITULADA **“ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: Uma Proposta para o Ensino de Empuxo para alunos do Ensino Médio”**. PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENSINO FÍSICA, COMO DISPÕE O ARTIGO 33º DO REGIMENTO DO MNPEF, REALIZADA ÀS 09 HORAS DO DIA 21 DE SETEMBRO DE 2018, NO AUDITÓRIO DO LABORATÓRIO DE FÍSICA-ENSINO. A DISSERTAÇÃO FOI APRESENTADA DURANTE 50 MINUTOS PELO CANDIDATO **FÁBIO ANDRADE DE MOURA**, Matrícula Nº **201768870005**, DIANTE DA BANCA EXAMINADORA APROVADA PELA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, ASSIM CONSTITUÍDA: MEMBROS: **PROF. Dr. RUBENS SILVA (ORIENTADOR)**, **Prof. Dr. LUIZ ROCHA DA SILVA (MEMBRO EXTERNO)** e **Profa. Dra. MARIA DA CONCEIÇÃO GEMAQUE DE MATOS (MEMBRO INTERNO)**. EM SEGUIDA, O CANDIDATO FOI SUBMETIDO À ARGÜIÇÃO, TENDO DEMONSTRADO PLENO CONHECIMENTO NO TEMA OBJETO DA DISSERTAÇÃO, HAVENDO À BANCA EXAMINADORA DECIDIDO PELA **APROVAÇÃO** DA MESMA, E QUE SE PROCEDA NO PRAZO MÁXIMO DE 30 DIAS A VERSÃO FINAL COM AS RECOMENDAÇÕES SUGERIDAS. PARA CONSTAR, FORAM LAVRADOS OS TERMOS DA PRESENTE ATA, QUE LIDA E APROVADA RECEBE A ASSINATURA DOS INTEGRANTES DA BANCA EXAMINADORA E DO CANDIDATO.

**CANDIDATO:**

Fábio A. Moura

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. RUBENS SILVA  
(Orientador - MNPEF – UFPA)

Prof. Dr. LUIZ ROCHA DA SILVA  
(Membro Externo – IFPA – CAMPUS BRAGANÇA)

Profa. Dra. MARIA DA CONCEIÇÃO GEMAQUE DE MATOS  
(Membro Interno - MNPEF – UFPA)

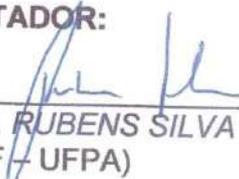
"ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: Uma Proposta para o Ensino de Empuxo para alunos do Ensino Médio"

FÁBIO ANDRADE DE MOURA

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) em Ensino de Física no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

**ORIENTADOR:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. RUBENS SILVA  
(MNPEF - UFPA)

**MEMBRO EXTERNO**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. LUIZ ROCHA DA SILVA  
(IFPA - CAMPUS BRAGANÇA)

**MEMBRO INTERNO**

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. MARIA DA CONCEIÇÃO GEMAQUE DE MATOS  
(MNPEF- UFPA)

Belém - PA  
Setembro - 2018

## FICHA CATALOGRÁFICA-BC/UFPA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- M929 Moura, Fábio Andrade de  
ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO : Uma Proposta para o Ensino de Empuxo para  
alunos do Ensino Médio / Fábio Andrade de Moura. — 2018  
98 f. : il. color
- Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Física (PPGF), Instituto de Ciências  
Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Rubens Silva
1. Ensino de Física por Investigação. 2. Sequência de Ensino Investigativo. 3. Empuxo. I. Silva,  
Rubens, *orient.* II. Título

CDD 530.07

---

*Dedico a meu filho Fábio Andrade de Moura Filho, à minha esposa Regilane Visgueira da Costa Moura, a meu irmão Carlos Aparecido de Moura e aos meus pais Ademir Mendes de Moura e Maria do Socorro Andrade Moura.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus criador e mantenedor da vida por me dar esta oportunidade.

Aos meus Pais que me educaram e sempre me incentivaram nessa jornada.

Ao meu filho e minha esposa que foram à seiva que me alimentou durante essa missão.

Ao Prof. Dr. Rubens Silva pela dedicação a minha orientação.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA Campus Bragança.

Aos meus alunos Pedro Mandarino e Pedro Vianna pelo apoio durante a aplicação do produto educacional

Aos colegas de curso pela cumplicidade e companheirismo demonstrados.

Ao corpo docente pelo empenho e pelo compromisso com a qualidade do ensino.

A CAPES pelo apoio financeiro durante todo curso.

A SBF pela iniciativa de coordenar um estudo de Pós-Graduação desse porte.

A UFPA por abraçar essa causa e dar todo suporte estrutural para execução de projetos dessa natureza.

A todos que se interessarem por esta proposta de ensino por investigação, muito obrigado.

## **SIGLAS**

**CTSA** – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

**IFPA** – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

**LDB** – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

**MNPEF** – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

**PCN** – Parâmetros Curriculares Nacionais

**SBF** – Sociedade Brasileira de Física

**SEI** – Sequência de Ensino Investigativo

**TAP** – Padrão de Argumentação de Toulmin

**UFPA** – Universidade Federal do Pará

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Níveis de investigação no laboratório de Ciências .....	37
--	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Realização da atividade investigativa (Questões Abertas) .....	45
Figura 02: Previsão dos resultados da atividade (Questões Abertas).....	45
Figura 03: Análise para justificar a previsão da atividade (Questões Abertas).....	46
Figura 04: Montagem do experimento coluna de líquidos .....	47
Figura 05: Argumentação de um aluno sobre o experimento coluna de líquidos..	47
Figura 06: Argumentação de um aluno sobre o experimento coluna de líquidos .	47
Figura 07: Simulador de Empuxo PhET .....	49
Figura 08: Resolução da atividade investigativa de Problemas Abertos .....	52
Figura 09: Resolução da atividade investigativa de Problemas Abertos .....	52
Figura 10: Resolução da atividade investigativa de Problemas Abertos .....	53
Figura 11: Resolução da atividade investigativa de Laboratório Abertos .....	55

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 01</b> Quantitativo de acerto por questão do teste aplicado .....	56
<b>Gráfico 02</b> Quantitativo de alunos por faixa de acerto .....	56
<b>Gráfico 03</b> Primeira pergunta do questionário .....	57
<b>Gráfico 04</b> Segunda pergunta do questionário .....	58
<b>Gráfico 05</b> Terceira pergunta do questionário .....	58
<b>Gráfico 06</b> Quarta pergunta do questionário .....	59
<b>Gráfico 07</b> Quinta pergunta do questionário .....	59
<b>Gráfico 08</b> Sexta pergunta do questionário .....	60
<b>Gráfico 09</b> Sétima pergunta do questionário .....	60

## RESUMO

ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: Uma Proposta para o Ensino de Empuxo para alunos do Ensino Médio

FÁBIO ANDRADE DE MOURA

Orientador:

Prof. Dr. RUBENS SILVA

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

O presente trabalho é o fruto de uma pesquisa sobre o Ensino de Física por Investigação que, em forma de Produto Educacional, elaboramos uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre empuxo. A proposta tem como objetivo geral analisar o Ensino de Física por Investigação na perspectiva do planejamento, execução e avaliação de aulas, e na elaboração da SEI sobre empuxo. Os objetivos específicos desta proposta são: aplicar o produto educacional elaborado em uma escola pública e demonstrar que pode ser aplicado por outros professores; inserir os alunos em atividades investigativas com o propósito de desenvolver atitudes científicas; e descrever os resultados obtidos durante a aplicação do produto educacional. Para alcançar os objetivos propostos, realizamos estudos sobre a importância dos trabalhos em grupo para a construção do conhecimento sob a ótica das pesquisas de Piaget e Vygotsky. Analisamos as relações entre investigação científica e o Ensino por Investigação para contextualizar esta metodologia com os propósitos sugeridos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais. Para alcançar os objetivos propostos analisamos os resultados e a avaliação do Produto Educacional em três vertentes: Avaliação das atividades investigativas que ocorreram durante a aplicação do produto educacional; Avaliação através de questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) que foram aplicadas uma semana após a realização da metodologia de ensino; e questionário que revelou como os alunos perceberam as atividades investigativas. Concluímos que o Ensino de Física por Investigação é uma metodologia que possibilita melhorar a qualidade de ensino e que promove a construção do conhecimento.

**Palavras-chave:** Ensino de Física por Investigação, Sequência de Ensino Investigativo, Empuxo.

## ABSTRACT

PHYSICS TEACHING OF INVESTIGATION: A Proposal for Teaching Buoyancy for High School Students

FÁBIO ANDRADE DE MOURA

Supervisor:  
Prof. Dr. RUBENS SILVA

The present work is the result of a research on the Teaching of Physics by Investigation that, in the form of Educational Product, elaborate a Sequence of Investigative Teaching (SEI) on buoyancy. The purpose aims to analyze the teaching of Physics by Investigation in the perspective of planning, execution and evaluation of classes, and in the elaboration of the SEI on buoyancy. The specific objectives of this proposal are: to apply the educational product elaborated in a public school and to demonstrate that it can be applied by other teachers; to engage students in investigative activities for developing scientific attitudes; and describe the results obtained during the application of the educational product. To reach the proposed objectives, we carried out studies on the importance of group work for the construction of knowledge in the perspective of Piaget and Vygotsky. We analyze the relationship between scientific research and teaching by investigation to contextualize this methodology with the purposes suggested by the National Curricular Parameters. To reach the proposed objectives, we analyze the results and evaluation of the Educational Product in three areas: Evaluation of the research activities that occurred during the application of the educational product; Assessment through National High School Examination questions that were applied one week after completion of the teaching methodology; and a questionnaire that revealed how the students perceived the investigative activities. We conclude that the teaching of physics by investigation is a methodology that makes it possible and help to improve the quality of teaching and promotes the construction of knowledge.

**Keywords:** Teaching Physics by Investigation, Sequence of Investigative Teaching, Buoyancy.

Belém-Pará  
Setembro-2018

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	15
2. A construção do conhecimento nas perspectivas de Piaget e Vygotsky .....	17
3. Investigação científica e o Ensino por Investigação .....	22
4. Contextualizando o Ensino de Física por Investigação e os PCN .....	24
5. Sequência de Ensino Investigativa - SEI .....	29
5.1 Leitura de texto .....	30
5.2 Questões abertas .....	31
5.3 Demonstrações investigativas .....	32
5.4 Recursos tecnológicos .....	34
5.5 Problemas abertos .....	36
5.6 Laboratório aberto .....	37
5.7 Sistematização do conhecimento .....	40
5.8 Avaliação .....	42
6. Metodologia .....	44
7. Resultados e discussão .....	46
7.1. Analisando a Etapa Leitura de Textos .....	46
7.2. Analisando a Etapa Questões Abertas .....	47
7.3. Analisando a Etapa Demonstração Investigativa .....	49
7.4. Analisando a Etapa Recursos Tecnológicos .....	50
7.5. Analisando a Etapa Problemas Abertos .....	53
7.6. Analisando a Etapa Laboratório Aberto .....	56
7.7. Avaliação da SEI .....	58
8. Considerações finais .....	67
Referência Bibliográfica .....	69
Apêndice A – Produto educacional: Sequência de Ensino Investigativa - SEI sobre Empuxo .....	76

Apêndice B – Textos sobre o Mar Morto .....	91
Apêndice C – Teste proposto aos alunos com questões do ENEM .....	94
Apêndice D – Questionário sobre as atividades investigativas .....	97

## 1. Introdução

A Física como ciência natural está inserida nos PCNs com o objetivo de estudar o mundo submicroscópico, das partículas que compõe a matéria, ao mesmo tempo que permite desenvolver novas fontes de energia e criar materiais, produtos e tecnologias. Através do Ensino de Física os alunos conseguem interpretar fatos e fenômenos da natureza, para que tenham uma visão dinâmica do mundo, além de permitir uma discussão filosófica que não podemos subestimar no processo educativo (BRASIL, 1999, p.22).

A Física é uma das disciplinas que os alunos consideram mais difíceis (PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017). Esse *status* de disciplina difícil pode ser explicado pela necessidade de interpretar resultados através de equações matemáticas e interpretações de fenômenos de forma abstrata e descontextualizada. Porém a Física possibilita envolver os alunos em investigações que ultrapassam os limites da sala de aula proporcionando motivação e engajamento que culminam no desenvolvimento e na capacidade de resolução de problemas, compreensão dos fenômenos físicos (BENDER, 2014; PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017).

Para que o processo de ensino-aprendizagem em Física ocorra de modo satisfatório há diversas variáveis que precisam ser analisadas, como por exemplo: A infraestrutura escolar, a qualificação profissional dos professores, a elaboração de planejamento/estratégia de aula, a questão social dos alunos, entre outros fatores.

Pozo e Crespo (2009) entendem que o ensino de Física requer mudanças conceituais para permitir aos alunos uma evolução nos princípios que caracterizam as teorias científicas. Concordando com os autores, propomos, nesta pesquisa, a mudança de postura do aluno, como agente ativo no processo de ensino-aprendizagem, e do professor, no papel de orientador e facilitador através do Ensino de Física por Investigação.

Nesta pesquisa propomos como objetivo geral analisar o Ensino de Física por Investigação na perspectiva do planejamento, execução e avaliação de

aulas, e na elaboração de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre empuxo na forma de produto educacional como meio facilitador para o processo de ensino-aprendizagem em Física.

A partir da proposta da metodologia investigativa, temos como objetivos específicos: Apresentar a metodologia do Ensino de Física por Investigação; Aplicar o produto educacional em uma escola pública federal na cidade de Bragança-PA; Inserir os alunos em atividades investigativas com o propósito de desenvolver atitudes científicas; Demonstrar que o produto educacional pode ser planejado e aproveitado por outros professores em suas escolas a partir das experiências relatada nesta pesquisa; e descrever os resultados obtidos durante a aplicação do produto educacional.

Para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa organizamos o texto de modo que no capítulo 2 tratamos sobre o desenvolvimento intelectual na perspectiva de Vygotsky e Piaget na construção do conhecimento. Neste capítulo buscamos relacionar as teorias de Piaget e Vygotsky ao demonstrar que ambos concordam que o conhecimento prévio e as atividades em grupo contribuem na construção do conhecimento.

No capítulo 3, analisamos a relação entre a investigação científica e o ensino por investigação. No capítulo 4, analisamos os Parâmetros Curriculares Nacionais na perspectiva do ensino investigativo. Neste capítulo conseguimos observar a importância da investigação como habilidade para a construção do conhecimento.

O capítulo 5, Sequência de Ensino Investigativo (SEI), apresenta a SEI como proposta de constituição do produto educacional e discute todas as etapas propostas. Durante o capítulo 6 é analisado a metodologia contemplada durante a pesquisa.

O capítulo 7 analisa os resultados obtidos durante a aplicação da SEI e discute em três vertentes a avaliação da proposta de ensino. O último capítulo retrata as considerações finais da pesquisa analisando os principais pontos abordados durante toda a pesquisa.

## **2. A construção do conhecimento nas perspectivas de Piaget e Vygotsky**

Em todo nível de escolaridade, seja do fundamental, médio ou superior, se queremos entender melhor o processo de ensino/aprendizagem podemos ter como referência as teorias educacionais como base no desenvolvimento cognitivo e social humano. Os autores/teóricos mais citados nesse foco são: Jean Piaget e Lev Vygotsky. Esses pesquisadores mostraram, em suas obras, diferentes pontos de vista como o ser humano edifica o conhecimento. Piaget se destacou pelo estudo do cognitivo e Vygotsky pelo social. Para Carvalho (2016) ambos têm uma complementariedade entre suas ideias quando aplicadas em diferentes momentos e situações de ensino-aprendizagem em sala de aula e que satisfaz a prática do Ensino de Física por Investigação. Esta seção não tem como objetivo fazer um resumo das obras de Piaget e Vygotsky e sim apresentar como esses pesquisadores fundamentam a prática do Ensino por Investigação, como um meio de melhorar o processo de ensino-aprendizagem, através das teorias do construtivismo.

Piaget, em suas pesquisas, procurava explicar como o conhecimento científico é construído pelo homem e, destacando a importância de um problema (situação-problema) para a construção do conhecimento, pois, quando o professor leva uma situação-problema para a sala de aula faz com que o aluno ao sair de sua zona de conforto possa raciocinar e construir seu conhecimento. É nesse momento que o aluno passa a ter a responsabilidade de raciocinar, socializar, expor suas ideias prévias e compartilhar com os colegas de sala de aula, que ao final do processo produz um novo conhecimento, pois “é necessário estabelecer entre as crianças, sobretudo entre os adolescentes, relações sociais, apelar para a sua atividade e para a sua responsabilidade” (PIAGET, 1948, p.36).

Para explicar como ocorre a construção do conhecimento científico em sala de aula, Carvalho (2016) faz referência a Piaget (1976) para se fundamentar e explicar os conceitos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio. A equilíbrio pode ser associado ao conhecimento prévio do aluno ou a um

conhecimento científico ainda em desenvolvimento. A desequilibração pode ser associada ao momento em sala de aula quando o professor relaciona novas situações ao aluno para que ele resolva provocando uma nova análise do problema até o momento em que o aluno resolverá a situação-problema construindo o novo conhecimento, que definimos como reequilibração.

Tomando como referência o conceito de reequilibração de Piaget, Carvalho (2016) apresenta duas situações importantes que colabora para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem. A primeira é a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, pois, com essa ação o aluno aprende os conteúdos e conceitos apresentados e discutidos pelo professor. No caso do estudo de uma situação que envolva um problema, o professor precisa incluir atividades experimentais, jogos em grupos, textos que tratam do cotidiano ou alguma forma que incentive o aluno a sair da inércia e entre na ação proposta. A segunda situação importante para os alunos são a tomada de consciência de seus atos, pois, o professor precisa ter consciência que o aluno pode errar e aprender com o erro, pois, segundo Carvalho (2016, p. 03):

É nessa etapa da aula que o professor precisa, ele mesmo, tomar consciência da importância do erro na construção de novos conhecimentos. Essa também é uma condição piagetiana. É muito difícil um aluno acertar de primeira, é preciso dar tempo para ele pensar, refazer a pergunta, deixá-lo errar, refletir sobre seu erro e depois tentar um acerto.

Ao analisar às duas situações a cima, percebemos que se encaixam na metodologia do Ensino por Investigação, que será discutido mais adiante, pois, ao proporcionar a investigação em sala de aula, o professor, permite ao aluno que o mesmo aprenda com suas tentativas e erro e ao final do processo de aprendizagem tenha adquirido o conhecimento desejável desenhado pelo professor.

Cabe ressaltar que a teoria de Piaget não é exatamente uma teoria de aprendizagem, e sim, uma teoria de desenvolvimento mental que podemos utilizar nas escolas. Para Moreira e Massoni (2016), quando relacionados ao processo de ensino e aprendizagem, muitos professores pensam que as teorias de Piaget são aplicadas somente à educação infantil pois a associam aos períodos de desenvolvimento mental. Na visão dos autores, ao analisar as

teorias de Piaget, independentemente da idade dos alunos, só há aprendizagem quando há um aumento no conhecimento do indivíduo. Os autores ainda afirmam que as teorias de Piaget trazem implicações para o processo de ensino-aprendizagem e que são transversais ao período de desenvolvimento mental, pois são decorrentes de conceitos como esquema, acomodação e conflito cognitivo.

Na visão de Moreira e Massoni (2016) as interações com o mundo proporcionam aos alunos conflitos e interações que podem contribuir para o processo de ensino-aprendizagem. Na visão dos autores (2016, p.68):

Assim como em outras interações com o mundo, o aluno está construindo, ou deve construir, esquemas de assimilação para dar conta das situações-problema com as quais se depara. Um esquema construído permite ao aprendiz lidar com uma classe de situações. Por exemplo, para resolver problemas que envolvam conservação de energia o aluno deve construir um esquema de assimilação para situações desse tipo. Inicialmente, esse esquema de assimilação envolve apenas energia cinética e energia potencial. Depois vai incorporando outras formas de energia e operações cada vez mais sofisticada. O conceito de esquema é fundamental no ensino, pois aprender implica construir esquemas de assimilação (MOREIRA; MASSONI, 2016, p. 68).

Ao chegar nesse ponto, analisamos o caráter do conhecimento científico considerando apenas o contexto piagetiano associado aos trabalhos de Carvalho (2016). Porém, podemos nos perguntar como planejar, executar e avaliar uma SEI em sala de aula com quarenta alunos? É possível? Estes e outros questionamentos naturalmente emergem no processo da docência.

Azevedo (2009), Bellucco e Carvalho (2013), Carvalho (2014; 2016), Carvalho e Sasseron (2015) concordam com Lev Vygotsky ao afirmar que as relações sociais na sala de aula é aceita como base do desenvolvimento cognitivo do aluno para a construção do conhecimento.

No contexto social também cabe reflexões, com base nas teorias de Lev Vygotsky, ao relacionar com o Ensino de Física por Investigação buscando fundamentos através de dois temas desenvolvidos em seus trabalhos que são: As mais elevadas funções mentais do indivíduo em processos sociais, que modificou a relação/interação entre os alunos e professor; e demonstrar que os processos sociais e psicológicos se firmam através de ferramentas, artefatos

culturais que fazem parte da interação entre os indivíduos e o mundo físico (CARVALHO, 2016).

Podemos relacionar o Ensino por Investigação às teorias de Vygotsky através da interação social, dos significados, da fala e da zona de desenvolvimento proximal. Partindo da premissa que o professor ao propiciar o desenvolvimento do cognitivo do estudante, possibilitando o diálogo, a interação entre alunos e levantamento de hipótese, propiciando maior engajamento do mesmo, não deve esquecer de abordar o contexto social e cultural do indivíduo. Pois, os processos mentais superiores são pensamentos, as linguagens e os comportamentos têm origem nos processos sociais e ao desenvolver o cognitivo gera conversão entre as relações sociais e funções mentais (VYGOTSKY, 1988, p.97).

Desta forma, o professor não é o único a propiciar a construção do conhecimento. O estudante interpõe seu desenvolvimento cognitivo e o professor passará a mediar, conforme afirma Moreira (2011, p.118):

O papel fundamental do professor como mediador na aquisição de significados contextualmente aceitos, o indispensável intercâmbio de significados entre professor e aluno dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, a origem social das funções mentais superiores, a linguagem, como o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo, é muito mais importante para serem levados em conta no ensino.

Ao relacionar a aprendizagem e ensino, o professor se apresenta como um mediador entre o conhecimento e o aluno. Cabe ao professor apresentar aos alunos significados socialmente aceitos. Essa visão expõe que sem a interação social, ou sem intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo (MOREIRA; MASSONI, 2016).

Segundo Moreira e Massoni (2016) a visão de Vygotsky é clara quanto ao processo de aquisição do conhecimento, ou seja, é amplamente defendido que o conhecimento advém das relações sociais, e, na sala de aula, pode ser adquirida através de trabalhos em grupos, ou interações e proposições resolutivas entre alunos.

Tomando a teoria de vygotskyana como referente para o ensino, a

implicação mais evidente é a importância da interação social, do intercâmbio de significados, da “negociação” de significados, da dialogicidade. As aulas não podem ser monótonas, aquelas em que só o docente fala e os alunos devem apenas escutar e anotar o que foi falado (MOREIRA; MASSONI, 2016, p.78).

Os trabalhos em grupo, dentro do contexto social e investigativo, tornam o planejamento do professor mais agradável para o aluno e os resultados mais expressivos e ao utilizar essa dinâmica de grupo, necessita-se deixar os alunos trabalharem em equipe quando a atividade tiver conteúdos e habilidades proporcionando trocas de ideias e ajuda mutuas beneficiando a aquisição do conhecimento. Esse trabalho apresentado é denominado de atividade sociointeracionista. Essa proposta exaltada por Vygotsky torna o papel do professor como orientador das atividades, o ser que elabora o caminho do conhecimento e que proporciona a utilização das ferramentas de ensino (MOREIRA; MASSONI, 2016).

Finalizando, outro ponto que podemos destacar com as teorias de Vygotsky, é a importância do conhecimento inicial do aluno (conhecimento prévio, conceitos intuitivos, cotidiano ou até mesmo de zona de desenvolvimento real). Esse conhecimento permite ao estudante trazer para a sala de aula a curiosidade em entender e aprender os novos conhecimentos explicados pelo professor. Em geral, qualquer abordagem fundamentalmente nova de um problema científico leva, inevitavelmente, a novos métodos de investigação e análise (VYGTSKY, 1988).

Em resumo, as teorias de Piaget e Vygotsky apesar de ter algumas diferenças, nos mostraram como o aluno adquire o conhecimento, seja pelo cognitivo ou pelas interações sociais. Entre essas teorias apresentadas, há pontos de concordância que é a importância do conhecimento anterior, das atividades em grupo, a socialização do conhecimento e, também, permite inserir o ensino através da investigação para que o discente adquira o novo conhecimento. Podemos fortalecer essas teorias associando aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, pois, os PCN preveem a investigação na educação brasileira.

### 3. Investigação científica e o Ensino por Investigação

Precisamos entender e diferenciar investigação científica de Ensino por Investigação. O primeiro ocorre quando os cientistas estudam os fenômenos da natureza. Na visão de Souza (2015) “investigação científica se refere às diversas maneiras pelas quais os cientistas estudam o mundo natural e propõem explicações baseadas em evidências derivadas dos seus trabalhos”. O Ensino por Investigação, termo usado para referir a abordagens pedagógicas (SOUZA, 2015), não tem como meta revelar futuros cientistas e sim criar a cultura da investigação, que ao realizar ações que se aproximam do fazer científico, permitam ao aluno criar soluções para os problemas apresentados. Para Carvalho (2016), o Ensino por Investigação precisa ocorrer em um ambiente investigativo de tal forma que o professor possa ensinar, conduzir e mediar os alunos no processo do trabalho científico e que possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica, adquirindo, aula a aula, a linguagem científica e construindo o novo conhecimento.

O Ensino por Investigação baseia-se em propor que o aluno não seja um agente passivo do processo de ensino-aprendizagem e sim o agente principal desse processo, buscando desenvolver habilidades cognitivas e o desenvolvimento da capacidade de argumentação, comunicação e elaboração de estratégias para solucionar problemas. O Ensino por Investigação, quando bem planejado, objetiva melhorar as ideias prévias dos alunos com o aporte científico apresentado nas aulas de Física ao ponto que o discente possa realizar deduções, relações e interpretações sobre o tema trabalhado. Outro ponto importante é a necessidade de mudança intelectual entre o professor e o aluno, pois, os alunos devem ser considerados como um ser pensante, intelectualmente ativo e participativo de todo o processo de ensino-aprendizagem (CARVALHO; SASSERON, 2015).

O professor precisa realizar com cuidado o planejamento e execução de suas aulas, pois, os alunos precisam ser introduzidos na cultura científica e para que isso ocorra, as atividades desenvolvidas em sala de aula, precisam propor um ambiente investigativo, trabalhos em grupo para que possam socializar e expandir o conhecimento adquirido. Essas atividades precisam estar centradas

em problemas sobre os fenômenos físicos para que haja argumentação dos alunos desenvolvendo o raciocínio hipotético-dedutivo permitindo raciocinar cientificamente. Na avaliação, o professor, precisa mudar e refletir sobre sua prática docente, pois, ao mudar sua metodologia de ensino é preciso mudar o formato da avaliação, pois, o professor deve dar a devida importância a avaliação contínua e perceber a evolução do discente ao longo das aulas.

## 4. Contextualizando o Ensino de Física por Investigação e os PCN

Quando falamos em ensino por investigação nos referimos a uma abordagem metodológica, que já é consagrada na América do Norte e Europa, que envolve a argumentação, comunicação, atividades em grupo, atividades experimentais, entre outras. Trata-se de um processo essencial no desenvolvimento dos alunos durante a promoção da construção do conhecimento científico (SILVA, 2014).

O ensino por investigação constitui uma abordagem que tem uma longa história na educação em ciência. Fomenta o questionamento, o planejamento, a recolha de evidências, as explicações com bases nas evidências e a comunicação. Usa processos da investigação científica e conhecimentos científicos, podendo ajudar os alunos a aprender a fazer ciência e sobre ciência (SILVA, 2014, p.12).

Cleophas (2016) entende que o ensino por investigação pode apresentar diversas formas de desafios cognitivos. Para a autora, o ensino por investigação propicia condições favoráveis aos alunos para que construam o conhecimento científico, sendo capazes de refletir, questionar, argumentar e interagir. A autora reconhece a valorização do conhecimento prévio do aluno que permite resolver as situações-problema que é imposta por este tipo de ensino.

O ensino por investigação configura-se como uma abordagem didática, podendo, portanto, estar vinculado a qualquer recurso de ensino desde que o processo de investigação seja colocado em prática e realizado pelos alunos a partir e por meio das orientações do professor (SASSERON, 2015, p.58).

Clement et al. (2015, p. 117) apontam que o “ensino por investigação prevê, dentre outros aspectos, uma participação ativa do estudante no processo de ensino e aprendizagem, o que lhes atribui maior controle sobre a sua própria aprendizagem”. Analisando por essa ótica, evidenciamos a valorização das atividades em grupo para resolver as situações-problemas apresentadas durante as atividades de ensino. Para Pozo e Pérez Echeverria (1994), a resolução de situações-problemas estimula nos alunos o conhecimento de como analisar as situações motivadoras que mais adiante permitirá dar respostas as situações distintas e mutáveis, ou seja, desenvolve, nos discentes, a compreensão dos fatos e problemas apresentados.

A partir do momento que o professor decide trabalhar com o Ensino de Física por Investigação, precisa ter ciência de toda a ideia apresentada até esse momento. Analisar as teorias apresentadas por Piaget e Vygotsky, compreender as habilidades e competências apresentadas nos PCN e PCN+ que tratam da investigação no Ensino de Física e principalmente, estar disponível para a mudança de postura para planejar, executar e avaliar os alunos durante as atividades desenvolvidas. Precisa mudar sua postura e atitudes principalmente ao planejar as atividades investigativas, pois, ao aceitar que o aluno é o investigador da situação, precisa encontrar meios para propiciar êxito a essa investigação de situações-problema. Para que a investigação possa fazer sentido aos jovens, é necessário que haja um diálogo entre os alunos e professores mediado pelo conhecimento e observando os fenômenos que fazem parte do cotidiano.

Tal perspectiva coaduna com os PCN e PCN+ quando consideram a Física como uma área do conhecimento que permite ao aluno estudar e compreender os fenômenos da natureza, a evolução cósmica, os mistérios do mundo submicroscópico, além de desenvolver novas fontes de energia, criar materiais e produtos tecnológicos. Tais documentos consideram o estudante como a parte fundamental no processo de investigação tornando-o fundamental para melhorar o processo de ensino-aprendizagem e permitindo a construção de novos conhecimentos.

A Física tem uma maneira própria de lidar com o mundo, que se expressa não só através da forma como representa, descreve e escreve o real, mas sobretudo na busca de regularidades, na conceituação e quantificação das grandezas, na investigação dos fenômenos, no tipo de síntese que promove. Aprender essa maneira de lidar com o mundo envolve competências e habilidades específicas relacionadas à compreensão e investigação em Física. (BRASIL, 1999).

Ao analisar as teorias do Ensino de Física por investigação proposta por Carvalho (2009, 2014, 2016), Azevedo (2009), Bellucco e Carvalho (2013) e Carvalho e Sasseron (2015) e Carmo (2015) percebemos a necessidade da interação dos alunos com uma situação-problema que exija do aluno a sair do paradigma de receptor para o ser pensante e ativo no processo de ensino, que através da tentativa e erro aprenda como o mundo funciona. Na perspectiva da

investigação, o aluno pode executar atividades em sala de aula, no laboratório, realizar atividades em grupo e socializar os resultados encontrados com seus colegas de classe, ou seja:

As propostas de Ensino por Investigação vão ao encontro dos PCNs e reafirmam a mudança de postura do aluno permitindo-o, através da investigação, compreender as grandezas, os conceitos, leis e princípios físicos para que de fato possa ter uma apropriação desses conhecimentos.

Outro ponto relevante ao Ensino por Investigação, que já foi tratado pela ótica do construtivismo de Vygotsky e Piaget, é a utilização do conhecimento anterior dos alunos para a aquisição do novo conhecimento. Segundo os PCN+ (Brasil, 2002), os alunos chegam à escola trazendo vários conhecimentos físicos que construíram no seu cotidiano e os utilizam na explicação dos fenômenos e, muitas vezes, constroem até mesmo modelos explicativos consistentes, porém, diferentes daqueles elaborados pela ciência. Nesse momento cabe ao professor em transformar esse conhecimento anterior em conhecimento científico através de um diálogo pedagógico traçando estratégias de ensino que permitam ao aluno a construção da visão científica através da confrontação do poder argumentativo, respeitando a forma de pensar do aluno.

Se o professor não for capaz de entender esse conhecimento prévio do aluno e não conseguir realinhar aos conceitos científicos, o aluno não conseguirá se desprender dessa ideia não-científica e acabará por não compreender os fenômenos da Física.

Para modificar o conhecimento prévio e realinhar ao conhecimento científico o professor necessita entender as concepções do mundo dos alunos, pois, essa bagagem cultural que foi construída fora dos muros da escola se tornam barreiras que desfavorecem ao ensino.

Para realinhar o conhecimento anterior à construção do novo conhecimento, o professor, precisa buscar situações que o estudante veja que esse conhecimento anterior não satisfaz a sua atual realidade e que as teorias apresentadas na sala de aula e discutido com todos os colegas de turma tragam essas respostas através de uma nova visão ampliando o seu significado.

Nesse contexto, a aula experimental torna-se uma ferramenta vinculada à metodologia do ensino investigativo, pois privilegia a investigação no fazer, manusear, operar, agir em diferentes formas e níveis, além de desenvolver a curiosidade e o espírito investigativo do aluno (BRASIL, 2002). No entanto, esse instrumento de ensino não pode ser realizado como uma receita de bolo, que basta seguir as instruções e ao final do processo terá um bolo confeitado. As aulas experimentais precisam fazer sentido ao aluno e não ter um roteiro fechado, para Azevedo (2009) um dos pontos fundamentais para a aula experimental é a atividade de laboratório aberto, pois, os alunos respondem a uma situação-problema através de atividade experimental. Segundo os PCN+:

Experimental pode significar observar situações e fenômenos a seu alcance, em casa, na rua ou na escola, desmontar objetos tecnológicos, tais como chuveiros, liquidificadores, construir aparelhos e outros objetos simples, como projetores ou dispositivos óptico-mecânicos. Pode também envolver desafios, estimulando, quantificando ou buscando soluções para problemas reais. (BRASIL, 2002, p.84).

Nas atividades experimentais, ao substituir um problema por uma situação-problema, faz com que o aluno tenha outra visão sobre a Física trazendo as teorias, conceitos e princípios como algo palpável e próximo de sua realidade. Os PCN+ também incentivam o Ensino por investigação como parte da cultura contemporânea através do contexto histórico da Física, na vida social através de visitas a museus, planetários, exposições, centros de ciências, produções literárias, letras de músicas, manifestações sociais e observando as questões relativas ao desenvolvimento tecnológico e econômico (BRASIL, 2002).

Realizando uma síntese do que foi analisando até esse momento, os PCNs reafirmam através de um estudo das competências e habilidades a valorização da compreensão dos enunciados, o desenvolvimento da capacidade de investigação física, constituir e investigar situações-problema e reconhecer a Física enquanto construção humana. Ao relacionar os PCNs ao Ensino Investigativo como uma proposta de ensino, podemos destacar a necessidade de se trabalhar o social e o cognitivo ao perfil de um estudante que busca com a prática de ensino compreender os fenômenos da Física. Precisamos valorizar o poder do trabalho em grupo, que mediante uma socialização do conhecimento,

permite o crescimento científico do aluno como pessoa e proporciona melhorias nas relações entre os alunos e professores.

Para realizar essas atividades com as características apresentadas propomos o planejamento e elaboração de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) realizada em etapas conforme previsto no capítulo seguinte.

## 5. Sequência de Ensino Investigativa - SEI

Nesta seção, discutiremos o conceito da SEI e suas etapas que estão contidas na proposta do produto educacional. Carvalho (2009, 2014, 2016), Azevedo (2009) e Carvalho e Sasseron (2015) definem como sequências de ensino, no caso em Física, que através de situações-problema instiguem os alunos a estudar, investigar e solucionar os problemas apresentados utilizando vários recursos de ensino. Para os autores a SEI proporciona a valorização do conhecimento prévio como ponto de partida; encara o erro como uma conquista de experiência que permite o aluno construir de maneira mais sólida o conhecimento; permite ao discente desenvolver e organizar as próprias ideias; valoriza as atividades em grupo e contempla a discussão com seus colegas de sala e professores o conhecimento adquirido. Resumindo:

Essa proposta de SEI defendida nesse texto deixou claro desde o início que é voltado para o Ensino de Física no Ensino Médio que pode ser aplicado tanto nas escolas da rede pública como particular. Dependendo da carga horária da escola, o professor pode planejar a quantidade de horas para cada SEI delineada e se não for possível executar todas as etapas apresentadas, o professor, pode, inclusive, adaptar à sua realidade. O importante é sair do paradigma do ensino mecânico para um ensino que motive o aluno a estudar e compreender os fenômenos da Física.

Não podemos deixar de destacar que ao aplicar uma SEI no Ensino Médio sempre haverá cobranças se o aprendizado será aplicado no ENEM ou nos vestibulares, já que os alunos passarão por um processo seletivo para ingressar em uma universidade, e se o professor conseguirá concluir o conteúdo programático previsto pelo sistema educacional. Esse contexto, pode dificultar as atividades do professor, porém, ao planejar as atividades de uma SEI adaptando à realidade da escola, o professor, precisa planejar todas as etapas e explicar aos alunos a ideia central do Ensino por Investigação para que se comprometam a participar e se comportar como um ser investigativo para que ao final da SEI ocorra a construção do conhecimento científico.

Carmo (2015), Bellucco e Carvalho (2013) e Carvalho (2016) destacam alguns pontos importantes na construção e planejamento de uma SEI: A relevância da situação-problema, pois, precisa fazer parte do cotidiano do aluno para cativar o aluno; Transformar a ação manipulativa em ação intelectual; A importância da tomada de consciência dos atos; criar etapas para as explicações científicas; Realizar atividades que exija a interação social para a construção do conhecimento, pois, o estudante precisa ser estimulado a participar da ação; A importância da relação aluno-aluno e aluno-professor; Ensinar o aluno valorizando o conhecimento prévio; Propor atividades que envolvam Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Segundo os autores, para a construção do conhecimento a SEI deve apresentar durante suas etapas o raciocínio científico na forma de elaboração e testes de hipóteses; argumentação científica; solução de problema através de explicação e construção do raciocínio.

Analisando os pontos apresentados pelos autores, organizamos o produto educacional (SEI sobre empuxo) voltado para o Ensino de Física por investigação no Ensino Médio em sete etapas: Leitura de texto; Questões abertas; Demonstrações investigativas; Recursos tecnológicos; Problema aberto; Laboratório aberto e Sistematização do conhecimento.

### **5.1 Leitura de texto**

O uso de textos informativos, charges e/ou históricos podem ser utilizados na SEI em vários momentos. A leitura de texto deve ser relacionada com questões históricas, sociais, tecnológicas e/ou culturais que envolvam a situação-problema apresentada. Na visão de Carvalho (2016) os textos de contextualização devem obedecer às mesmas etapas de discussão em grupo pelos alunos, a abertura das discussões com toda a classe, coordenada pelo professor, e a escrita individual pelos alunos em seu caderno. Carvalho (2016, p.15) considera que “essa atividade, de leitura e discussão da leitura do texto de sistematização, deve ser pensada como uma atividade complementar ao problema”.

É preciso que os estudantes tenham oportunidades de compartilhar suas ideias com seus pares, tanto em pequenos grupos, quanto com a sociedade em sala de aula. Pequenos grupos proporcionam oportunidades para os alunos explicarem e defenderem seus pontos de vista, o que estimula a aprendizagem (CARVALHO, 2014, p. 25).

Na visão de Vannucchi (1997) a estratégia de utilizar textos históricos no ensino por investigação promove o desenvolvimento de habilidades através da discussão e argumentação. Percebe-se também o incremento na habilidade de compreensão e nos processos de raciocínio envolvido. A autora considera a argumentação e a explicação como práticas e objetivos das estratégias de aprendizagem.

Carvalho (2014) considera que essas estratégias adotam como pressuposto teórico a avanço da qualidade do ensino daqueles envolvidos na atividade. A nossa visão é que as atividades, com essa temática, devem ser utilizadas em conteúdos programáticos que influenciaram a evolução do homem. Cabe ressaltar que esse momento é ideal para uma reflexão sobre a importância da Física na sociedade.

## **5.2 Questões abertas**

Na visão de Azevedo (2009) ao se trabalhar com questões abertas, “o aluno deve sair de uma postura passiva e aprender a pensar, elaborando raciocínios, verbalizando, escrevendo, trocando ideias, justificando suas ideias”. Considerando esse contexto, Azevedo (2009) e Borrajo (2017), consideram questões abertas aquelas em que procuramos propor aos alunos fatos relacionados ao seu dia-a-dia, e cuja explicação estivesse ligada ao conceito discutido e construído nas aulas anteriores. Azevedo (2009) considera esse tema importante para o desenvolvimento da argumentação e que pode ser realizado através de uma redação permitindo assim atingir competências, previstas no ENEM, da norma culta da língua portuguesa utilizando o conhecimento científico para a compreensão dos fenômenos apresentados durante a situação-problema oportunizando a organização das ideias para a construção de argumentos consistentes.

Carvalho (2014) sugere que as questões abertas podem ser realizadas: Em grupo grande; em dupla ou pequenos grupos; em provas e avaliações.

**I. Em grupo grande:** organizando os alunos em círculo, o professor promove a situação-problema fazendo com que os discentes justifiquem suas respostas e que um deles possa questionar a explicação do colega. Ao término da atividade, os estudantes devem, individualmente, redigir as respostas a apresentar ao docente (caso tenha como objetivo analisar a linguagem científica) ou o professor redige a resposta a partir da fala dos alunos (argumentação);

**II. Em dupla ou pequenos grupos:** após promover a situação-problema os alunos discutem para escrever a resposta. Nessa situação, o papel do professor é o de percorrer os grupos e propor questões ao perceber que os alunos não estão conseguindo solucionar a problemática. Nessa situação é fundamental o papel do professor como orientador (MOREIRA; MASSONI, 2016) e conduzir o grupo ao caminho correto sem dar as respostas da situação-problema. Ao final, após recolher as atividades dos alunos, o professor poderá realizar os comentários em sala de aula para sistematizar o conhecimento da aula.

**III. Em provas e avaliações:** Carvalho (2014) entende que para realizar esta atividade em provas e avaliações, os alunos devem ter experiências com as questões abertas em sala de aula. Nessa situação, os estudantes têm de pensar sozinhos e estabelecer ligações com os assuntos já tratados. O papel do professor deve ser o de buscar entender as respostas dos alunos, pois, mesmo parecendo incorretas, as respostas revelam que o aluno conseguiu propor uma solução coerente para a nova situação-problema.

### ***5.3 Demonstrações investigativas***

Segundo Borrajo (2017, p.28) demonstração investigativa pode se “classificar como demonstração experimental investigativa qualquer demonstração que tenha, como ponto de partida, a apresentação de um problema ou fenômeno que conduza à uma investigação”. Carvalho (2016) complementa que as demonstrações investigativas são problemas experimentais em que a ação é realizada pelo professor. Em geral, são realizadas em sala de aula e partem de um problema para que os alunos, ao resolver, procurem levantar os dados e hipóteses para que então o professor

realize as soluções indicadas pelos estudantes. Borrajo (2017, p. 28) complementa afirmando que “é necessário que o professor construa com seus alunos um caminho entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico. Isso pode ocorrer através da investigação e do questionamento sobre o fenômeno observado”.

As demonstrações realizadas em sala de aula podem ser chamadas de investigativas, porque o aluno foi levado a participar da formulação de hipóteses acerca do problema proposto pelo professor e da análise dos resultados obtidos, ou seja, foi levado a encarar os trabalhos experimentais desenvolvidos em sala de aula como atividades de investigação. (AZEVEDO, 2009 p.27).

Ao realizar a demonstração investigativa, o professor e os estudantes, terão que discutir as observações realizadas e avaliar os acontecimentos até produzir o novo conhecimento. Nesse aspecto, o papel do professor é o construtor da situação e o intermediador entre os alunos e o conhecimento que será construído pela passagem do saber prévio para o científico por meio da investigação, questionamento e solução do fenômeno.

Na visão de Azevedo (2009), as atividades de demonstrações investigativas também podem conter a representação matemática permitindo ao aluno confrontar a teoria apresentada às fórmulas do assunto possibilitando a compreensão física apresentada nessas equações. O discente ainda pode gerar gráficos e tabelas comparativas para melhorar sua compreensão investigativa sobre a situação-problema estudado.

Não é correto imaginar que apenas seguindo um roteiro experimental durante uma atividade levará o aluno a construir todos os conceitos científicos que envolve a teoria relacionada a atividade experimental. Na visão de Carvalho (2014), Azevedo (2009) e Moura e Mandarino (2017) para que uma atividade seja investigativa há a necessidade da situação problematizadora para que se chegue a resolução dos problemas. Durante a demonstração investigativa além do conhecimento adquirido, há a aprendizagem de outros conteúdos procedimentais e atitudinais, além de valores e normas que possibilitam a aprendizagem dos primeiros (CARVALHO, 2014).

Utilizar experimentos como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar

de seu processo de aprendizagem, mudar de atitude e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando este objeto com acontecimentos. Além disso, aprende a buscar as causas dessa relação, procurando uma explicação para o resultado de suas ações e/ou interações (Carvalho, 2014, p. 46).

A autora traz outras observações relacionadas à demonstração investigativa: a criação de conflitos cognitivos. Esses conflitos só podem ser gerados através de observação e da ação, que são pressupostos básicos para uma atividade de demonstração investigativa.

#### **5.4 Recursos tecnológicos**

Atualmente vivemos em um mundo onde a tecnologia faz parte do nosso cotidiano e os recursos tecnológicos são ferramentas que podemos utilizar nas SEIs através de aplicativos para celulares, laboratórios virtuais, vídeos, bibliotecas virtuais entre outros (CARVALHO, 2014). Os recursos tecnológicos podem, inclusive, facilitar o ensino por investigação em ações que tratam do contexto histórico mostrando a evolução do pensamento científico desde que usado adequadamente.

A utilização adequada das tecnologias da informação e da comunicação (TIC) na educação desencadeia continuados e dinâmicos processos de ensino e aprendizagem, nos quais a competência deles está no investimento generalizado de formas de capacitar e dar condições para que a utilização criativa de novas mídias seja simplificada e realmente traga benefícios à educação (CAPELLÃO, 2010, p. 16).

Hilário et al. (2018) afirma que a utilização do software, no ensino por investigação, demonstrou-se um experimento virtual eficaz que permitiu aos estudantes incorporar os conceitos estudados durante a SEI. Hilário et al. (2018, p.42) reafirma que “o software contribuiu para que os alunos pudessem variar as ações e observar as alterações correspondentes de forma que pudessem estruturar as regularidades, bem como, variar suas ações e perceber a reação imediata”.

Para Carvalho (2009) os recursos tecnológicos podem “promover mudanças atitudinais, conceituais e metodológicas na relação do aluno com o conhecimento e ressaltam aspectos importantes ligados à atividade científica”. Para a autora, o papel do professor fica evidenciado ao problematizar atividades

que utilizam tais recursos para instigar os alunos a expor suas ideias ao construir o conhecimento adquirido. Esse recurso pode ser utilizado em qualquer etapa do planejamento da SEI assim como podem utilizar qualquer conteúdo programático, pois, encontramos na internet uma gama de opções de recursos que contribuem para o Ensino de Física por Investigação. Concordando com Carvalho (2009), Hilário et al. (2018, p.42) afirma:

O professor deve possuir estratégias que chamem a atenção dos alunos para o aprendizado dos conteúdos e conceito exigidos nas orientações curriculares. Assim a Sequência de Ensino por Investigação mostra-se como opção viável de proposta metodológica para o desenvolvimento de um trabalho pedagógico que alie o ensino de ciências com os demais componentes curriculares, trazendo assim para sala de aula uma atividade interdisciplinar.

O uso de recursos tecnológicos no ensino, em sala de aula, pode requerer ir além de manusear software. Significa extrair do conteúdo em estudo todas as possibilidades de aprendizado para que faça sentido ao aluno, ou seja, um ensino contextualizado e instrumentalizado por recursos pedagógicos que auxiliem o processo de ensino-aprendizagem (GOMES; FELÍCIO; LIMA, 2018).

Na visão de Ferreira e Castro (2017) é importante que o aprendizado corresponda às necessidades da sociedade considerando as experiências e o conhecimento de mundo do aluno. Através da cibercultura, temos a oportunidade de estabelecer um elo entre a informação que circula e o conhecimento que é construído na escola.

A cibercultura está inscrita no nosso dia a dia, presente em todas as atividades, sejam elas de trabalho, lazer ou vida privada. Se antes se pensava em áreas específicas em tensão (a técnica, a sociedade, a cultura, a comunicação...), agora a cibercultura é o mundo (LEMOS, 2015, p.11).

Para finalizar, Carvalho (2014) retrata o uso de vídeos, filmes e simulações no ensino por investigação durante uma SEI sobre teoria cinética dos gases. Esta SEI aborda as transformações gasosas, o funcionamento de motores, fenômenos de convecção e condução em líquidos. Ao se referir as atividades envolvendo simulador, Carvalho (2015, p.130) afirma que “estas duas atividades têm se mostrado muito bem recebidas por parte dos alunos, observando-se participação expressiva no seu desenvolvimento, auxiliando-os na aquisição das habilidades e competências”.

### **5.5 Problemas abertos**

Azevedo (2009) e Carvalho (2014) definem que os problemas abertos são atividades apresentadas a grupos de alunos ou à classe nos quais ocorre a discussão para a solução da situação-problema apresentada e que percorre desde as condições de contorno até as possíveis soluções. As autoras concordam que esta atividade deve conter a matematização dos resultados e chamam a atenção no sentido que os problemas abertos são muito diferentes da resolução de exercícios de lápis e papel. Essa atividade não é igual à resolução de questões e exercícios apresentados nos livros didáticos, pois, impõe ao aluno investigar a solução, discutir com seus pares e propor uma solução qualitativa.

As habilidades envolvidas na resolução de um problema aberto são habilidades características do fazer científico: levantar hipóteses, delimitar as condições de contorno, reconhecer variáveis, escolher equações conhecidas e aplicá-las. Requer também aprendizagens relacionadas ao trabalho em sala de aula, que é o trabalho em grupo e o respeito ao outro. É diferente de um exercício tradicional de aplicação de fórmulas, em que a ênfase são as habilidades relacionadas ao desempenho matemático. Não é que estas não sejam importantes para o ensino de Física, no entanto, são atividades bem diferentes que conduzem a aprendizagens variadas (CARVALHO, 2014, P.111).

Podemos exemplificar a partir de Azevedo (2009) uma situação-problema envolvendo a mistura de café e leite em temperaturas diferentes. Inicialmente os alunos analisaram a situação sem ter os dados das massas e temperaturas para poder elaborar soluções para diferentes problemas e após vencer essa etapa e com dados apresentados pode-se, então, calcular a temperatura de equilíbrio utilizando as equações da calorimetria.

Moura e Mandarino (2017, p.3) consideram que a atividade investigativa deve “oferecer condições aos alunos de expor seus conhecimentos prévios e desenvolver novas ideias possibilitando uma discussão com seus colegas e professores os conhecimentos adquiridos”.

Ao elaborar uma SEI que envolva o uso de problemas abertos, o professor necessita realizar o planejamento, que segundo Gil Perez et al. (1999), levando em consideração diversos aspectos, que resumidamente, relacionamos a seguir:

- I. Considerar qual pode ser o interesse da situação problemática abordada;

- II. Começar por um estudo qualitativo da situação, tentando abordar e definir de maneira precisa o problema, explicando as condições que se consideram reinantes;
- III. Emitir hipóteses fundadas sobre os fatores dos quais pode depender a grandeza buscada e sobre a forma dessa dependência;
- IV. Elaborar e explicar possíveis estratégias de resolução, antes de proceder a esta, evitando o puro ensaio e erro;
- V. Realizar a resolução verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz;
- VI. Analisar os resultados à luz das hipóteses elaboradas e, em particular, dos casos limites considerados.
- VII. Considerar as perspectivas abertas pela investigação realizada;
- VIII. Elaborar uma memória que explique o processo de resolução.

Considerando os aspectos apresentados sobre os problemas abertos no ensino por investigação, podemos finalizar sobre o papel do professor. Como já mencionado em outras etapas da SEI, o professor necessita, durante as discussões, conduzir o raciocínio dos alunos permitindo-os a pensar e avaliar as opções de solução do problema apresentado (CARVALHO, 2014).

Azevedo (2009) e Carvalho (2014) chamam a atenção para que os professores não antecipem as respostas das situações-problemas aos alunos. Para as autoras o principal papel do professor é orientar os alunos para que consigam chegar às conclusões. Utilizando o exemplo da mistura do café com o leite, percebemos que esse caminho passa pela descrição de equações pertinentes ao assunto, a identificação de variáveis e a seleção de qual variável responderia à pergunta do problema e por fim como faríamos os cálculos para a conclusão.

### **5.6 Laboratório aberto**

A prática de laboratório aberto na ótica de Azevedo (2009) e Carvalho (2014) é conceituado como aula experimental no qual os alunos são

responsáveis pelas atitudes de solução. Essa prática “propõe uma investigação experimental por meio da qual se pretende que os alunos, em grupo, resolvam um problema” (CARVALHO, 2014, p.71). Nessa prática experimental o aluno pode utilizar a linguagem matemática com os dados experimentais para expressar a relação entre os conceitos físicos.

Em uma atividade de laboratório dentro dessa proposta, o que se busca não é a verificação pura e simples de uma lei. Outros objetivos são considerados como de maior importância, como, por exemplo, mobilizar os alunos para a solução de um problema científico e, a partir daí levá-los a procurar uma metodologia para chegar à solução do problema, às implicações e às conclusões dela advindas (CARRASCO, 1991, p.91).

O laboratório aberto não desqualifica o laboratório fechado e sim valoriza a mudança de postura para gerar condições para a construção do conhecimento científico. Borges (2002) define a diferença entre o laboratório tradicional e o laboratório aberto em três aspectos: O primeiro é quanto ao grau de abertura, onde o laboratório tradicional funciona através de roteiros pré-definidos e restringe o grau de abertura. Já o laboratório aberto visa um experimento aberto com total liberdade no planejamento; O segundo aspecto leva em consideração ao objetivo da proposta da aula, pois, o laboratório tradicional visa comprovar leis da Física em quanto o laboratório aberto objetiva explorar os fenômenos da natureza; O terceiro aspecto é em relação às atitudes dos alunos, pois no laboratório tradicional tem compromisso com o resultado em quanto o laboratório aberto busca que o aluno tenha responsabilidade nas investigações para que ao final do processo construa um novo conhecimento.

Borges (2002) e Carvalho (2014) dividem em níveis de investigação as aulas proporcionadas através do laboratório aberto, conforme tabela 01. O nível zero de investigação seria o modelo de laboratório fechado quando o professor enuncia o problema e procedimentos e dá as conclusões. O nível 1 ocorre quando fica em aberto aos alunos as conclusões; o nível 2 fica em aberto os procedimentos e conclusões para que os alunos divididos em grupo possam chegar aos procedimentos e chegar às devidas conclusões; O nível 3 deixa em aberto os problemas, procedimentos e conclusões. Essa etapa visa o envolvimento e o comprometimento dos alunos em busca das respostas para as situações-problema apresentado.

Tabela 01: Níveis de investigação no laboratório de Ciências

Nível de Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Borges, 2002, p.306

Azevedo (2009) e Carvalho (2014) definem que as atividades de laboratório aberto podem ser divididas em seis momentos, que são:

- I. **Proposta do problema:** Deve ser proposto na forma de uma pergunta estimulando a curiosidade científica do aluno. As autoras indicam que essas perguntas não sejam específicas e diretas, pois a ideia nesta etapa é gerar uma ampla discussão.
- II. **Levantamento de hipóteses:** Nesta fase os alunos devem levantar hipóteses sobre a solução da situação-problema, discutindo como será realizado o experimento, realizando discussões em grupo e sempre buscar a orientação do professor.
- III. **Elaboração do plano de trabalho:** Nesta fase, os alunos terão que decidir os procedimentos para a realização da atividade. Deverão selecionar o material necessário e planejar a metodologia para a coleta dos dados.
- IV. **Montagem do arranjo experimental e coleta de dados:** Esta fase é a mais prática do laboratório, pois se refere ao momento em que os alunos executam o experimento. As autoras consideram essa fase importante porque os alunos costumam ver a Física como uma ciência experimental. Após a montagem do experimento é iniciado a coleta dos dados que deve ser realizado conforme o planejamento realizado na fase anterior.
- V. **Análise dos dados:** Os dados obtidos devem ser analisados para fornecer informações sobre a situação-problema. Para realizar a análise dos dados pode ser necessário o uso de planilhas, equações, teste de hipóteses, construir gráficos, etc. As autoras destacam que, durante esta

fase, ocorra a necessidade de orientação do professor para ajudar os alunos na solução do problema.

**VI. Conclusão:** Nesta fase, os discentes devem formalizar uma resposta a situação-problema, apresentada no início da atividade de laboratório aberto, discutindo a validade das hipóteses apresentadas na **fase II** e as consequências delas derivadas.

As atividades de laboratório aberto precisam de um tempo maior para o planejamento e execução, e, existe na literatura exemplos de modelos de aula baseados nos níveis apresentados na tabela 01. Ao pesquisar SEI, encontramos trabalhos em turmas de Ensino Médio e destacamos trabalhos que através de relatos de experiências mostraram resultados eficientes no Ensino de Física por Investigação. Moura e Mandarinó (2017, p.3) afirmam que esta metodologia de ensino “é um meio útil e viável para melhorar o processo de ensino-aprendizagem e quando associados a aula bem planejada torna o ensino de Física agradável, estimulante ao aluno e satisfatório nas avaliações de aprendizagem”. Cappecchi (2004) analisa a importância do professor na atividade, pois, além de proporcionar o envolvimento do aluno procura sempre tirar dúvidas referentes aos objetivos de cada etapa da atividade.

Podemos afirmar que as atividades de Laboratório Aberto proporcionam aos alunos a construção do conhecimento através do desenvolvimento das habilidades cognitivas de análise, comparação, interpretação e avaliação no pensamento crítico dos alunos (CARVALHO, 2014).

### **5.7 Sistematização do conhecimento**

A sistematização do conhecimento no ensino por investigação pode ser compreendida como um ou vários momentos relevantes que proporcionam aos alunos a consolidação da aprendizagem ao enfrentar as etapas da SEI. Essa Sistematização do conhecimento proporciona o desenvolvimento de diferentes linguagens: oral, escrita e científica (SPERANDIO, 2017). De acordo com Mello (2005), o aluno se apropria do conhecimento ao conseguir interpretar e expressar através da linguagem, que pode ser por meio de um desenho, da fala, de um texto escrito, de uma maquete, entre outros.

A sistematização do conhecimento é o momento de analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinam os estudos, como outras situações que podem aparecer no decorrer da ação investigativa; discussão, diálogo e relato oral coletivo das opiniões baseadas nos estudos e atividades realizadas; formulação da conclusão com a roda de conversa mediada pelo professor; registro individual e realização da conceituação científica com as situações vivenciadas, podendo ser individual ou coletiva, por meio de escrita ou desenho (SPERANDIO, 2017, p.36).

Nesta pesquisa, consideramos necessária a realização da sistematização do conhecimento ao final de cada atividade, e, também, ao final da SEI, no formato de uma etapa. A sistematização no final de cada atividade é necessária para que o professor tenha a certeza que nenhum aluno passe para a etapa seguinte sem compreender a etapa anterior. A ideia é que no momento da sistematização do conhecimento (ao final de cada atividade) o aluno busque analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinam os estudos como outras situações que podem surgir. Para Carvalho (2016) essa sistematização pode ser realizada através da leitura de um texto escrito, no qual os alunos podem novamente discutir e comparar o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema com o que foi relatado no texto.

Sperandio (2017) concorda com Carvalho (2016) ao compreender que a sistematização dos conhecimentos nas etapas de Demonstração Investigativa, Problemas Abertos, Laboratório Aberto ou em atividades que requer o uso da experimentação pode ser realizado através de um debate organizado pelo professor em sala. As autoras afirmam que o papel do educador nesse momento é muito importante, pois ele deve buscar a participação dos alunos, levando-os a tomar consciência de suas ações por meio de perguntas.

A Sistematização do Conhecimento que ocorre ao final da SEI, que compreende a última etapa da sequência investigativa, ela é de suma importância, pois, poderá evitar que algum aluno deixe de compreender o que foi estudando durante a SEI. Destacamos que os alunos do ensino médio passarão por exames avaliativos para o acesso ao ensino superior. Delizoicov (2008, p.50) afirma que “precisa estar garantida no processo didático-pedagógico é além da interpretação que os alunos trazem sobre os temas, a aprendizagem dos conhecimentos que o professor detém”. O autor aponta que

o professor necessita trabalhar os saberes formalizados de forma a conduzir os alunos a uma compreensão mais crítica da temática estudada.

Para garantir a compreensão crítica da temática estudada, propomos nesta pesquisa a utilização de aulas interativas organizadas pelo professor e que abordem as temáticas de todas as etapas da SEI. Essa proposta é defendida por Carvalho (2014, p.82) ao afirmar que “é conveniente o professor sistematizar os conhecimentos construídos pelos alunos utilizando uma aula teórica interativa, retomando o que foi discutido nesses experimentos”.

### **5.8 Avaliação**

Na visão de Azevedo (2009), Barrelo Junior (2015) e Carvalho (2016) as avaliações precisam ser revistas quanto ao formato e que não seja realizado avaliações de caráter somativa. Como essa proposta traz inovações prática de ensino e aprendizagem, as avaliações precisam contemplar a construção do conceito, noções científicas, as ações nas atividades em grupo e as atitudes exibidas durante a resolução das situações-problema.

... não deve ter o caráter de uma avaliação somativa, que visa a classificação dos alunos, mas, sim, uma avaliação formativa que seja instrumento par que alunos e professor confirmem se estão ou não aprendendo. E tais instrumentos de avaliação precisam ter as mesmas características que o ensino proposto. (CARVALHO, 2016 p. 18).

A avaliação no Ensino por Investigação pode ocorrer ao final de cada etapa, por conjunto de etapas e/ou ao final da SEI. Carvalho (2016) considera ideal realizar avaliações formativas como instrumento para que alunos e professor confirmem se estão ou não aprendendo. A avaliação pode ocorrer através de textos, figuras, discussão em grupos, resolução dos problemas propostos utilizando argumentações, construção de painel, etc. Nesta pesquisa propomos que a avaliação ocorra ao final de cada etapa e ao final da SEI. Na visão de Carvalho (2016), temos que compatibilizar os objetivos do ensino com a avaliação da aprendizagem permitindo que os alunos consigam realizar avaliações de conceitos, termos e noções científicas, avaliação das ações e processos da ciência e avaliação das atitudes exibidas durante as atividades de ensino.

Carvalho (2014) compreende que podemos perceber que essa atividade pode aproximar o aluno do que chamamos de uma cultura científica, que nos leva a elementos importantes de um processo de Alfabetização Científica (AC).

Sasseron e Carvalho (2008) compreendem que alguns indicadores podem revelar se os alunos estão alfabetizados cientificamente. Esses indicadores estão relacionados aos dados obtidos, à estruturação do pensamento, levantamento de hipóteses e até a construção de explicações. Essas características promovem a construção do conhecimento.

## 6. Metodologia

No início desta pesquisa enunciamos os objetivos gerais e específicos. Para alcançar esses objetivos, realizamos uma revisão bibliográfica sobre os temas desta pesquisa, através de diversos livros, artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Elaboramos o produto educacional, a SEI sobre empuxo, e realizamos análises sobre os resultados ao aplicar a SEI em uma escola pública federal na cidade de Bragança-PA. Esses resultados passam pela análise das respostas dos alunos emitidas durante a aplicação da SEI, através da fala individual ou em grupo, desenhos realizados durante as atividades, textos explicativos escrito pelos alunos. Após a aplicação da SEI, uma semana depois, os alunos responderam de forma individual uma lista de exercício com 06 (seis) questões do ENEM sobre o tema e responderam um questionário, sem se identificar, sobre como foi o aprendizado na visão dos alunos.

Ao aplicar o produto educacional avaliamos a necessidade de gravar as aulas para que nos permita realizar observações que podem passar despercebidas durante a aula (CARVALHO, 2016; SASSERON, 2008; TOULMIN, 2006). Para realizar essas gravações utilizamos 03 (três) câmeras e 06 (seis) microfones para captar as imagens e áudio de toda a sala de aplicação e de cada equipe. Conseguimos a autorização do uso de fala e imagem dos pais e/ou responsáveis dos alunos. Ressaltamos que por questões de privacidade para cada aluno participante elegemos um nome fictício.

O produto educacional apresentado é formado por uma Sequência de Ensino Investigativo sobre Empuxo que foi dividido em 07 (sete) etapas totalizando 06 horas-aula. Ao elaborar o produto educacional, que poderá ser aplicado em qualquer outra escola, sugerimos para cada etapa uma certa quantidade de tempo e esse tempo sugerido pode ser adaptado. Essa adaptação poderá ocorrer inclusive na quantidade de etapas desde que o professor realize o planejamento necessário.

A SEI apresentada é organizada na seguinte forma: Etapa 01 – Leitura de Textos; Etapa 02 – Questões Abertas; Etapa 03 – Demonstração Investigativa;

Etapa 04 – Recursos Tecnológicos; Etapa 05 – Problema Aberto; Etapa 06 – Laboratório Aberto e Etapa 07 – Sistematização do Conhecimento.

## **7. Resultados e discussão**

Neste capítulo realizaremos uma análise sobre a aplicação do produto educacional e vamos expor os resultados e as dificuldades encontradas durante sua aplicação. Esta análise está dividida por etapas da SEI que mostrará como cada etapa foi aplicada e em seguida realizaremos uma análise sobre a lista de exercício que os alunos responderam uma semana depois da aplicação do produto educacional acrescido de uma entrevista realizada via questionário.

### ***7.1. Analisando a Etapa Leitura de Textos***

Durante a primeira etapa da SEI, entregamos aos alunos dois textos sobre o Mar Morto que abordam situações envolvendo densidade e empuxo. O objetivo desta etapa, conforme o planejamento da SEI, é que o aluno comece a entender o conceito de densidade, inclusive a sua equação, e do empuxo.

Ao realizar a leitura e discussão do primeiro texto, os alunos compreenderam que o motivo de objetos flutuarem no Mar Morto envolve a questão do excesso de sal na água, que impede a existência de vida marítima no local, e que esse excesso de sal muda a característica da água.

Ao final do segundo texto, os alunos compreenderam que essa característica é o que define o conceito de densidade. Neste momento os alunos compreenderam o conceito de densidade e perceberam a existência de uma força vertical para cima que impede as pessoas de afundarem nessa água. A interpretação do conceito de empuxo não foi totalmente compreendida, porém os alunos compreenderam que devido a essa força vertical os corpos não afundam no Mar Morto. Ressaltamos que esta etapa não tinha como objetivo definir por completo o conceito de empuxo.

Durante as atividades desta etapa não foram realizados resumos textuais pelos alunos, pois consideramos que durante a atividade os mesmos conseguiriam explicar durante as discussões a definição de empuxo. Concluímos que os objetivos propostos para esta etapa foram atingidos e que não houve imprevistos em relação ao tempo de aplicação da atividade.

## 7.2. Analisando a Etapa Questões Abertas

A segunda etapa da SEI, Questões Abertas, transcorreu dentro do previsto. Esta etapa tratou de definir com mais clareza as definições de densidade, inclusive a dedução matemática, e ampliar as definições de empuxo. Para atingir os objetivos previstos para esta etapa da SEI realizamos a brincadeira do afunda ou boia onde selecionamos 08 (oito) objetos de diferentes massa e volume, sem informar o tipo do material (alguns de fácil dedução), e a partir dos conceitos de densidade discutido na etapa anterior os alunos realizaram as previsões de quais objetos iriam afundar e quais iriam flutuar.

Figura 01: Realização da atividade investigativa (Questões Abertas)

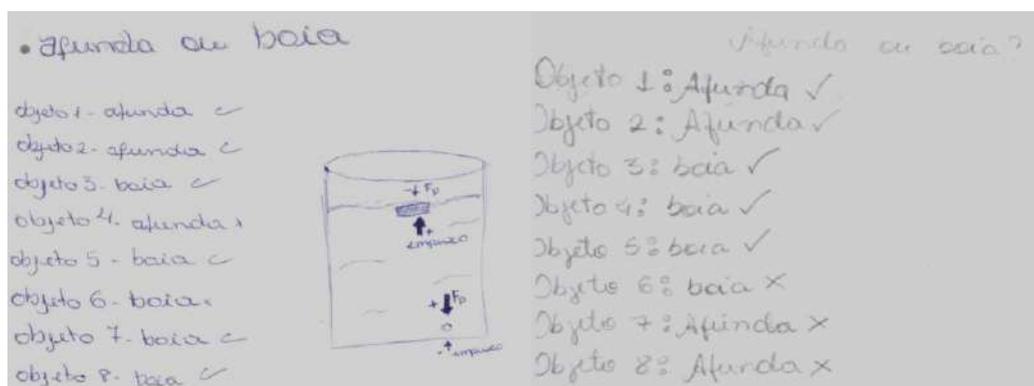


Fonte: Autor, 2018

Após todos os alunos anotarem suas previsões começamos a discussão do motivo de um objeto afundar ou não na água e nesse momento reacendemos a relação da equação da densidade e suas características e discutimos o conceito de empuxo. Em seguida realizamos a brincadeira e os alunos foram corrigindo suas previsões (ver figura 01).

Somente após soltar os objetos na água é que o professor informava o tipo do material e com essas informações os alunos realizavam outra discussão para justificar o ocorrido.

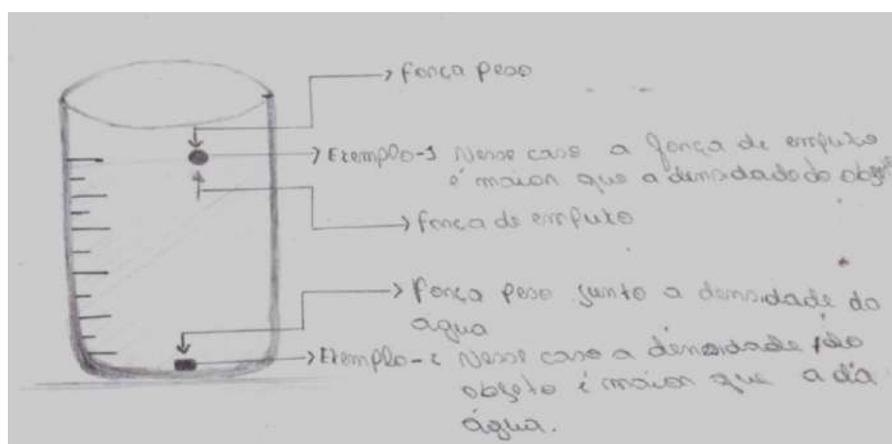
Figura 02: Previsão dos resultados da atividade (Questões Abertas)



Fonte: Autor, 2018

Em média, houve poucos erros nas previsões realizadas pelos alunos. Analisando as figuras 02 percebemos que alguns alunos, apesar de não conseguir identificar alguns materiais realizaram esquemas para justificar suas previsões. A identificação do tipo de material utilizado era informada aos alunos somente após a execução da atividade.

Figura 03: Análise para justificar a previsão da atividade (Questões Abertas)



Fonte: Autor, 2018

Diante de todas as argumentações e discussões ocorrida em sala de aula os alunos conseguiram compreender que para um objeto afundar na água é necessário que sua densidade seja maior. Analisando no mesmo sentido, os alunos perceberam que para um objeto flutuar é necessário que o empuxo (ainda não definido totalmente) tem que ter módulo de força maior que o peso e que a densidade do objeto seja menor que a da água.

Ao sistematizar essa etapa o professor revisou o conceito de massa, volume, e densidade anotando no quadro sua equação, que já constava no texto

do Mar Morto e abordamos o significado do conceito de empuxo conforme estava demonstrado nos dois textos.

### **7.3. Analisando a Etapa Demonstração Investigativa**

A etapa de Demonstração Investigativa foi planejada com o objetivo de evitar que algum aluno comece a etapa de Recursos Tecnológicos sem compreender o conceito de densidade. A atividade ocorreu dentro do previsto e não houve nenhum imprevisto. Nesta etapa da SEI, o objetivo é fazer com que o aluno compreenda que os líquidos heterogêneos formem uma coluna onde o líquido de maior densidade fique na parte inferior e os de menores densidade acima dele. Para alcançar o objetivo previsto, realizamos a atividade experimental com colunas de líquidos utilizando mel de abelha, azeite de oliva extra virgem e água de poço.

Para realizar essa prática solicitamos aos alunos que justificassem com suas palavras a ordem da coluna de líquidos. Em seguida, o professor jogou alguns objetos (da etapa anterior) na coluna de líquido para que os alunos pudessem prever em qual líquido cada objeto ficaria.

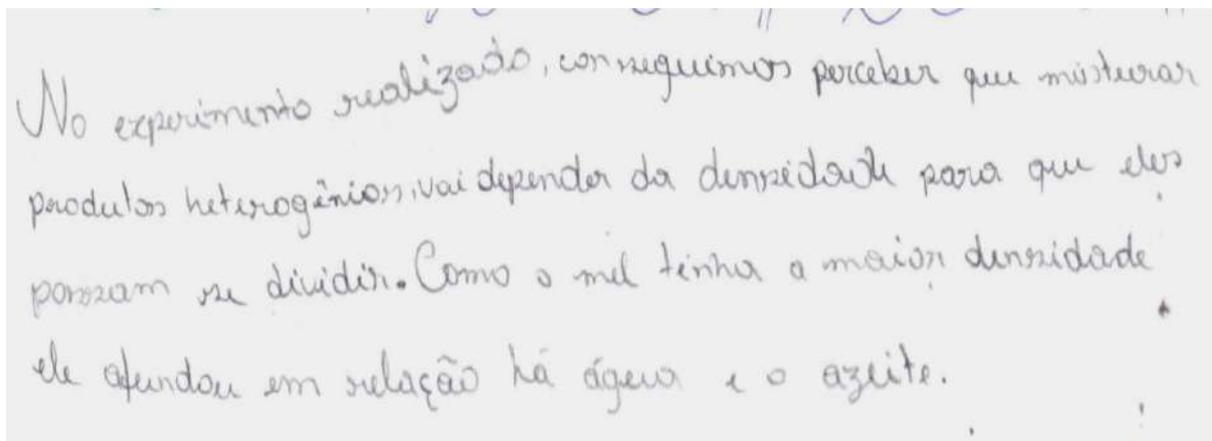
Figura 04: Montagem do experimento coluna de líquidos



Fonte: Autor, 2018

Após a execução da atividade demonstrativa, os alunos corrigiram suas previsões (caso tenham errado) e iniciou-se o debate para construir com maior segurança o conceito de densidade e sempre abordando a questão do empuxo.

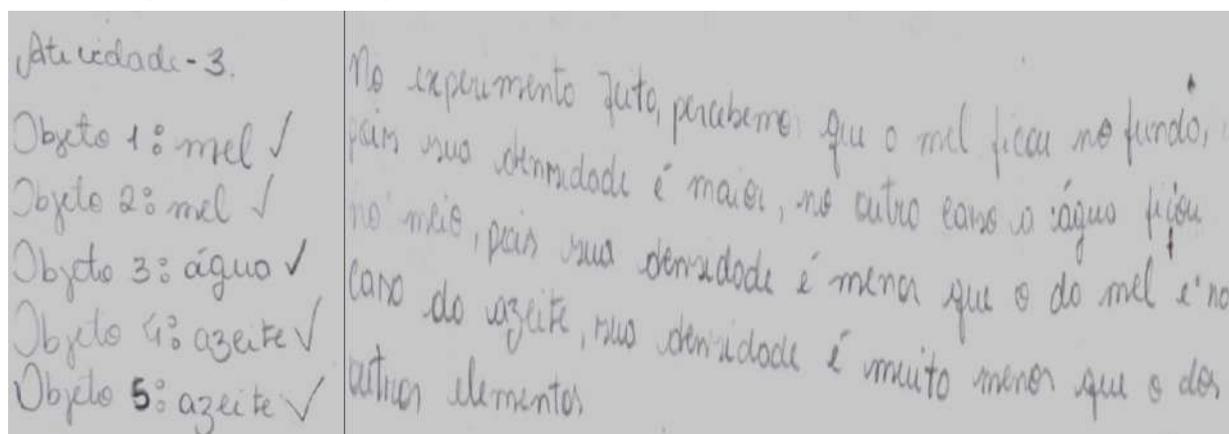
Figura 05: Argumentação de um aluno sobre o experimento coluna de líquidos



No experimento realizado, conseguimos perceber que misturar produtos heterogêneos, vai depender da densidade para que eles possam se dividir. Como o mel tenha a maior densidade ele afundou em relação à água e o azeite.

Fonte: Autor, 2018

Figura 06: Argumentação de um aluno sobre o experimento coluna de líquidos



Atividade - 3.  
 Objeto 1: mel ✓  
 Objeto 2: mel ✓  
 Objeto 3: água ✓  
 Objeto 4: azeite ✓  
 Objeto 5: azeite ✓

No experimento feito, percebemos que o mel ficou no fundo, pois sua densidade é maior, no outro caso a água ficou no meio, pois sua densidade é menor que a do mel e no caso do azeite, sua densidade é muito menor que a dos outros elementos.

Fonte: Autor, 2018

Após a sistematização os alunos realizaram justificativas através de pequenos textos sobre a atividade realizada. Nesses textos observamos que os alunos conseguiram entender os conceitos estudados e perceberam que o líquido de maior densidade ficaria na parte inferior do becker. Os alunos também aprenderam que os objetos de maior densidade afundam em líquidos que tenham densidade menor que o objeto. Através destas respostas conseguimos perceber que o objetivo da atividade foi alcançado, pois constatamos o uso de termos científicos ao justificaram suas respostas à situação-problema.

#### **7.4. Analisando a Etapa Recursos Tecnológicos**

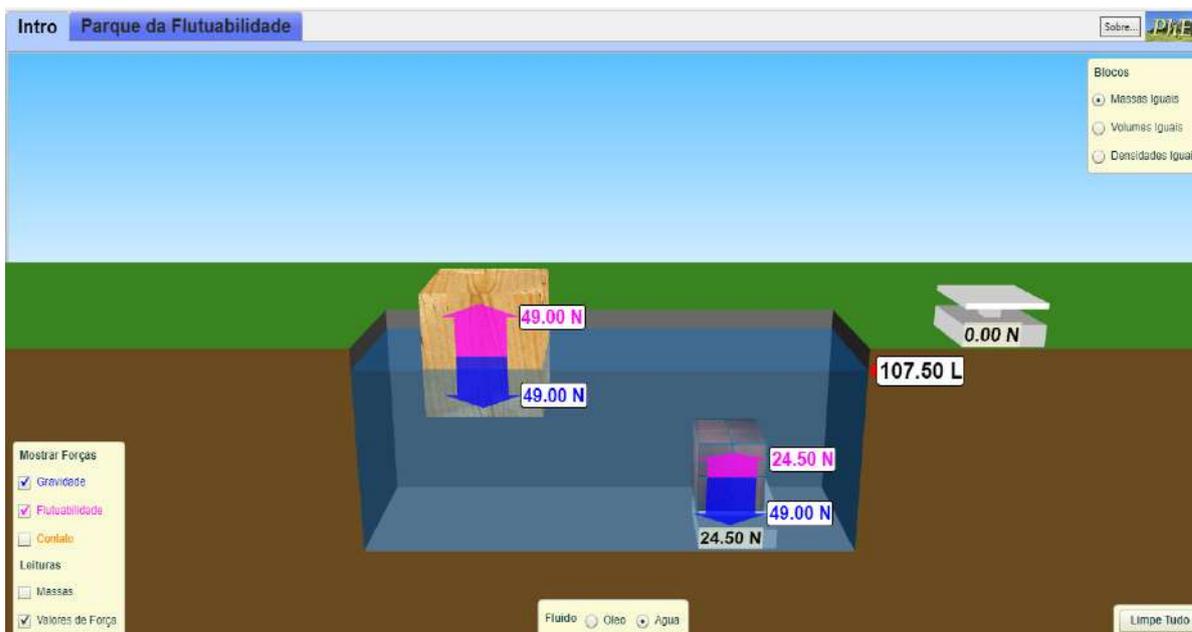
A etapa de Recursos Tecnológicos reforça os conceitos anteriores e aprofundar o conceito de empuxo. O principal objetivo desta etapa é permitir ao aluno compreender a relação do empuxo com a densidade, peso real, peso

aparente e aceleração gravitacional. Para alcançar esses objetivos esperávamos que os alunos conseguissem deduzir matematicamente as equações que medem o empuxo:  $E = P_R - P_{AP}$ ,  $E = d_L \cdot V_{LD} \cdot g$  e  $E = P_{LD}$ .

A atividade estava prevista para ocorrer em 1 hora/aula no Laboratório de Informática da instituição de aplicação desta pesquisa. No entanto não foi possível utilizar o laboratório devido a problemas de agenda. Para resolver o problema juntamos alguns notebooks e um data show para continuar a atividade no Laboratório de Física. Ao começar a atividade ocorreu um novo problema: ficamos sem acesso à internet. Após resolver os problemas começamos a atividade e na metade do tempo previsto a aula teve que ser encerrada e recomeçamos no dia seguinte. Ao retornar à atividade, iniciamos com a reapresentação do simulador PhET Física (ver figura 07) apresentando suas ferramentas e solicitamos aos alunos a solução da situação-problema apresentada.

A etapa de Recursos Tecnológicos se mostrou importante nesta SEI pelo fato de os alunos conseguirem realizar observações que envolveram as relações entre densidade, peso real, peso aparente, volume do líquido deslocado e empuxo.

Figura 07: Simulador de Empuxo PhET



Fonte: Autor, 2018

Durante a atividade, ao se trabalhar com o bloco de tijolo ao fundo sobre uma balança, todos os grupos conseguiram perceber a existência de uma relação entre o peso real e aparente para definir o empuxo. Azevedo (2009) e Carvalho (2014) entendem que quando o aluno perceber as relações de dependência entre as grandezas físicas e que não conseguem deduzir a equação corretamente, cabe ao professor orientá-los a chegar nesse objetivo. No entanto devido a deficiência dos alunos em realizar operações matemáticas simples essa relação ( $E = P_R - P_{AP}$ ) não foi resolvida por todos os grupos. Após a Sistematização dessa primeira definição, todos os grupos conseguiram entender a relação estudada.

Ao analisar o bloco de madeira flutuando, inicialmente alguns grupos queriam forçar a medição do peso aparente. Percebendo esse equívoco logo desistiram e traçaram outras estratégias para solucionar o problema. Todas as equipes perceberam que ao se mergulhar objetos com densidade menor que a água ao entrar em contato ocorre uma elevação do nível da piscina. Nesse momento houve a necessidade de intervenção do professor para normatizar essa definição que logo chamamos de volume do líquido deslocado ( $V_{LD}$ ). Novamente, todos os grupos perceberam a relação existente entre  $V_{LD}$ , densidade e empuxo, porém ao contrário da equação anterior nenhum grupo conseguiu deduzir a equação. Durante a sistematização dessa atividade, o professor questionou as relações e mesmo orientando, os alunos não conseguiram estabelecer a relação matemática. Após conferir grupo a grupo que entenderam a existência da relação entre empuxo, densidade e  $V_{LD}$ , o professor explicou e apresentou a equação  $E = d_L \cdot V_{LD} \cdot g$ . Após apresentar a equação todos os alunos apresentaram uma reação espontânea de que quase conseguiram resolver a problemática.

A última atividade que objetivava fazer com que o aluno entenda que o empuxo é uma força igual à do peso do líquido deslocado ( $E = P_{LD}$ ) não foi possível realizar devido a extrapolação do tempo para a atividade, que inicialmente estava previsto para 1 h/a e foi executada em 2,5 h/a devido aos problemas apresentados anteriormente.

Ao constatar que os alunos compreenderam duas maneiras diferentes de medir o empuxo podemos afirmar que os objetivos propostos para esta etapa da SEI foram atingidos. Destacamos que esta etapa é fundamental para a compreensão dos conceitos estudados e constitui-se como etapa prévia para o seguimento da SEI, pois, as próximas atividades dependem dos conceitos estudados até agora.

### **7.5. Analisando a Etapa Problemas Abertos**

A etapa de Problemas Abertos consistiu em uma atividade experimental semelhante às atividades desenvolvidas na etapa de Recursos Tecnológicos. Optamos por este tipo de atividade pelo fato de que os alunos terão que utilizar os conceitos matemáticos para medir e interpretar o empuxo apresentado durante a situação-problema.

Azevedo (2009, p.30) conceitua um problema aberto como “situações gerais apresentadas aos grupos ou à classe, nas quais se discute desde as condições de contorno até as possíveis soluções para a sua situação apresentada”. Concordando com a autora, Moura, Costa e Freire (2018, p.34) afirmam que:

Por mais que os problemas estejam aparentemente apenas preocupados com a parte matemática, esta atividade investigativa é bem diferente de uma simples resolução de questões por possuir vários aspectos interpretativos.

Somado ao fato de que a maioria dos alunos desta pesquisa nunca tiveram participado de qualquer atividade experimental em Física e que durante o ano letivo a turma não teve nenhuma aula experimental, esta etapa foi elaborada para que os alunos tenham o conhecimento de como manusear os equipamentos das atividades experimentais que envolve o conceito de densidade e empuxo.

Esta atividade consiste em calcular experimentalmente os valores do empuxo através das equações  $E = P_R - P_{AP}$  e  $E = d_L \cdot V_{LD} \cdot g$  que estavam disponíveis desde as etapas anteriores. A equação do empuxo medido pelo peso do líquido deslocado ( $E = P_{LD}$ ) não foi abordado, porém sempre deixamos a entender que haveria outra forma de calcular além das duas equações iniciais.

Ressaltamos que durante esta etapa houve dificuldades enfrentadas pelos alunos por causa da matematização do problema. Essas dificuldades são as mesmas relatadas na etapa anterior que vão desde a dificuldade de efetuar operações matemáticas simples.

Além dessas dificuldades apresentadas os discentes não conseguiam realizar transformações de medidas como a densidade que estava em  $\text{g/cm}^3$  para  $\text{kg/m}^3$ . Para não prejudicar a atividade foi necessária a intervenção do professor que permitiu o uso de calculadora para conferir os resultados e exibiu no quadro as transformações de medidas necessárias para a solução do problema.

Disponibilizamos aos alunos um kit experimental com dinamômetro, becker, água, balança de precisão, cilindros de plástico, ferro e alumínio. Na situação-problema apresentada solicitamos aos alunos que realizassem a medição do empuxo. Deixamos em aberto como essa medida seria feita, apesar de ter realizado na etapa anterior as relações matemáticas para este procedimento, e sugerimos que utilizassem o valor da aceleração gravitacional igual a  $9,80 \text{ m/s}^2$ .

Ao utilizar os equipamentos do laboratório de Física, os alunos mediram a massa e volume da água descolada, a densidade da água da torneira e o peso dos cilindros de ferro, alumínio e plástico. A partir dessas medidas os estudantes começaram a resolver a situação-problema apresentada.

Destacamos que nesta atividade os alunos realizaram o desafio de diversas formas diferentes. Por exemplo a figura 08 mostra que uma equipe calculou apenas o empuxo do cilindro de plástico usando duas equações em quanto outra equipe calculou o empuxo com os três cilindros (ver figuras 09 e 10).

Figura 08: Resolução da atividade investigativa de Problemas Abertos

Problema aberto

Massa, cilindro de plástico  
53,44 g

Massa, cilindro Ferro  
97,78 g

Massa, cilindro Alumínio  
31,69 g

DADOS do Plástico

$$P_R = 0,53 \text{ N}$$

$$P_{AP} = 0,08 \text{ N}$$

$$V_{LI} = 182 \text{ ml}$$

$$V_{LD} = 48 \text{ ml}$$

$$E = P_R - P_{AP}$$

$$E = 0,53 - 0,08$$

$$E = 0,45$$


---

Volume do nível inicial  
182 ml

$$E = d_L \cdot V_{LD} \cdot g$$

$$E = 944,67 \cdot 0,000048 \cdot 9,80$$

$$E = 0,44 \text{ N}$$

Fonte: Autor, 2018

Figura 09: Resolução da atividade investigativa de Problemas Abertos

2ª Etapa / Problema aberto

Empuxo (E)

$$E = P_R - P_{AP}$$

$$E = d_L \cdot V_{LD} \cdot g$$

$g = 9,80 \text{ m/s}^2$

$d_{H_2O} = 944,67 \text{ Kg/m}^3$

→ medidas (massa)

	Plástico (1º)	Alumínio (2º)	Ferro (3º)
m	m = 53,59 g	m = 31,69 g	m = 97,44 g
$P_R$	0,52 N	0,31 N	0,95
$P_{AP}$	0,07 N	0,2 N	0,84
Biq.	180 ml	180 ml	180 ml
$V_{LD}$	46 ml	10 ml	10 ml

1º  $E = P_R - P_{AP}$   
 $E = 0,52 - 0,07$   
 $E = 0,45 \text{ N}$

(PLÁSTICO) ↑

2º  $E = d_L \cdot V_{LD} \cdot g$   
 $E = 944,67 \cdot 0,000046 \cdot 9,80$   
 $E = 0,04345482 \cdot 9,80$   
 $E = 0,43 \text{ N}$

Fonte: Autor, 2018

Figura 10: Resolução da atividade investigativa de Problemas Abertos

Alumínio

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

$$E = 0,31 - 0,2$$

$$E = 0,11N$$

Ferro

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

$$E = 0,95 - 0,84$$

$$E = 0,11N$$

$$E = d_e \cdot V_{ed} \cdot g$$

$$E = 944,67 \cdot 0,000010 \cdot 9,80$$

$$E = 0,0094467 \cdot 9,80$$

$$E = 0,093N$$

$$E = d_e \cdot V_{ed} \cdot g$$

$$E = 944,67 \cdot 0,000010 \cdot 9,80$$

$$E = 0,0094467 \cdot 9,80$$

$$E = 0,09N$$

Fonte: Autor, 2018

Para finalizar a discussão desta etapa, lembramos que esta etapa foi a primeira atividade experimental para muitos alunos desta turma (ver gráfico 03) e por este motivo utilizamos os conhecimentos adquiridos nesta atividade para facilitar a resolução do problema da próxima etapa.

### 7.6. Analisando a Etapa Laboratório Aberto

A última etapa com desafios aos alunos, solicitamos aos mesmos que ao se basear em todo aprendizado que ocorreu durante a SEI se permitissem a entrar no espírito científico e medir experimentalmente o valor da aceleração gravitacional que tanto eles usam na disciplina de Física. Para tornar possível esse desafio retomamos tudo que foi apresentado nas etapas anteriores para que em seguida fosse apresentado a situação-problema e não apresentamos um roteiro. Consideramos que esta atividade de Laboratório Aberto é de Nível 2 analisando a tabela de Borges (2002).

Durante esta etapa ocorreram alguns problemas pontuais que interferiram no desempenho dos alunos. O principal problema constatado foi que devido a empolgação ou outro fator um dos grupos não conseguiram realizar a atividade

mesmo após o grupo ter definido as estratégias de como resolver. Ressaltamos que este grupo conseguiu resolver a situação-problema da etapa anterior, que tem uma certa semelhança e que inclusive, caso o aluno perceba, pode-se usar dados da etapa de problemas abertos. Para este grupo ficou combinado refazer a atividade em outro momento.

Os demais grupos conseguiram resolver o problema mediante orientação do professor, que sem dar a resposta levantou algumas perguntas que poderiam ajudar no levantamento de hipóteses. Após um certo tempo os demais grupos conseguiram resolver a situação-problema com uma certa dificuldade e compartilharam os resultados e métodos utilizados para calcular a aceleração gravitacional.

Para resolver a situação-problema um dos grupos utilizou os dados do experimento da etapa anterior ao calcular o empuxo pela diferença entre peso real e aparente e de posse dos valores medidos do volume do líquido deslocado e da densidade da água encontraram a aceleração gravitacional igual a  $9,83 \text{ m/s}^2$  como mostra a figura 11.

Figura 11: Resolução da atividade investigativa de Laboratório Aberto

$$g = \frac{E}{V_{\text{liq}} \cdot d_e}$$

$$g = \frac{0,45}{944,67 \cdot 0,000046}$$

$$g = \frac{0,45}{0,04575482}$$

$$g = 9,83 \text{ m/s}^2$$

Obs: dados obtidos da experiência anterior (plástico)

Fonte: Autor, 2018

Nesta etapa houve um grupo de alunos que tentou resolver a situação-problema de outra forma. Depois de não conseguir resolver através das

equações apresentadas, o grupo resolveu calcular a aceleração gravitacional através do peso do líquido deslocado. Segundo o aluno João:

O peso desse líquido é igual ao peso (força) estudado na segunda Lei de Newton, então a força peso do líquido (deslocado) é igual a massa vezes aceleração e como já medimos a massa na balança e o peso na mola (referindo-se ao dinamômetro) encontramos a aceleração gravitacional igual a  $10,35 \text{ m/s}^2$ .

Para concluir a discussão desta etapa, concordamos que a atividade de Problemas Abertos foi fundamental para o sucesso desta etapa, pois apesar de toda dificuldade enfrentada por questões da matematização, os estudantes mostraram o conhecimento devido para resolver o problema proposto e utilizaram todo o raciocínio esperado no planejamento. Percebemos que durante a SEI, não foi possível demonstrar que o empuxo é igual a força peso do líquido deslocado (um dos objetivos da etapa de Recursos Tecnológicos) e mesmo assim um dos grupos conseguiram entender esse princípio. Resumindo, conseguimos atingir os objetivos planejados para esta etapa.

### ***7.7. Avaliação da SEI***

No capítulo 5 abordamos como avaliar um aluno em uma atividade investigativa e Carvalho (2016) afirma que não podemos realizar uma avaliação somativa, pois o conhecimento é adquirido com o passar das etapas. Esta SEI que foi dividida em sete etapas das quais seis exigiram a construção do conhecimento e uma, sistematização do conhecimento, que ocorreu ao final de cada etapa e no final da SEI teve como objetivo de não deixar que algum aluno saia da aula sem ter compreendido o assunto.

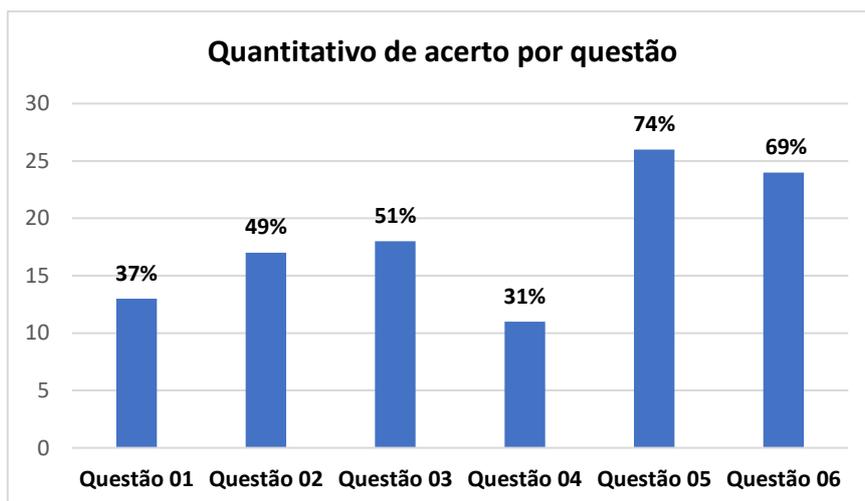
A nossa avaliação teve como base a participação do aluno durante as discussões ao argumentar, prever, testar hipóteses, desenhar, medir experimentalmente e escrever textos durante as atividades da SEI. Porém para verificar se os alunos realmente aprenderam, resolvemos aplicar um teste com 06 (seis) questões do ENEM de anos anteriores (Apêndice C) uma semana após a aplicação da SEI e sem avisar os alunos. Das questões do teste organizamos da seguinte forma:

- Questões teóricas: 1, 4 e 6.

- Questões com cálculo: 2, 3 e 5

Os resultados colhidos neste teste aplicado na turma mostraram que um estudante conseguiu tirar a nota máxima e outro estudante conseguiu tirar a nota mínima. Para avaliar o resultado desse teste elaboramos os gráficos 01 e 02 que mostram a divisão e a distribuição de acertos.

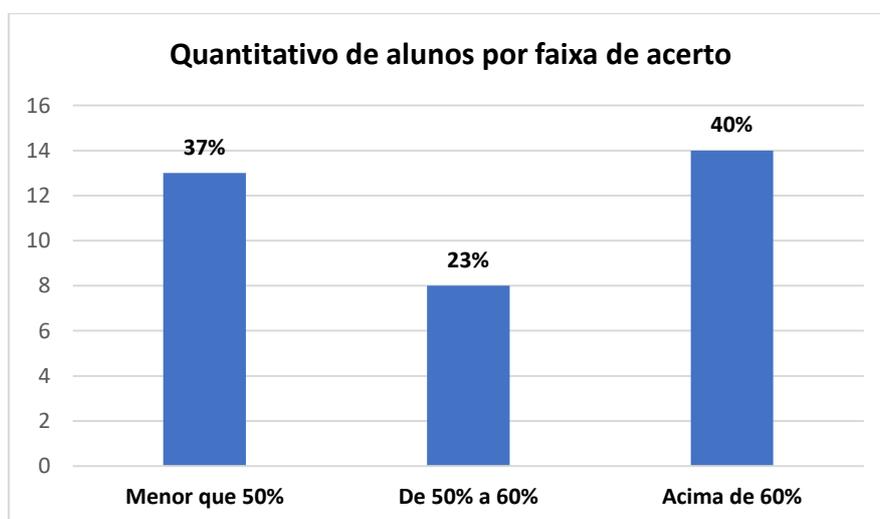
Gráfico 01: Quantitativo de acerto por questão do teste aplicado



Fonte: Autor, 2018

No gráfico acima percebemos que apenas nas questões 03, 05 e 06 tiveram o percentual de alunos que acertaram acima dos 50%. Dessas questões a de número 03 e 05 são questões que envolvem cálculo matemático enquanto a questão 06 envolve apenas a parte teórica da SEI.

Gráfico 02: Quantitativo de alunos por faixa de acerto



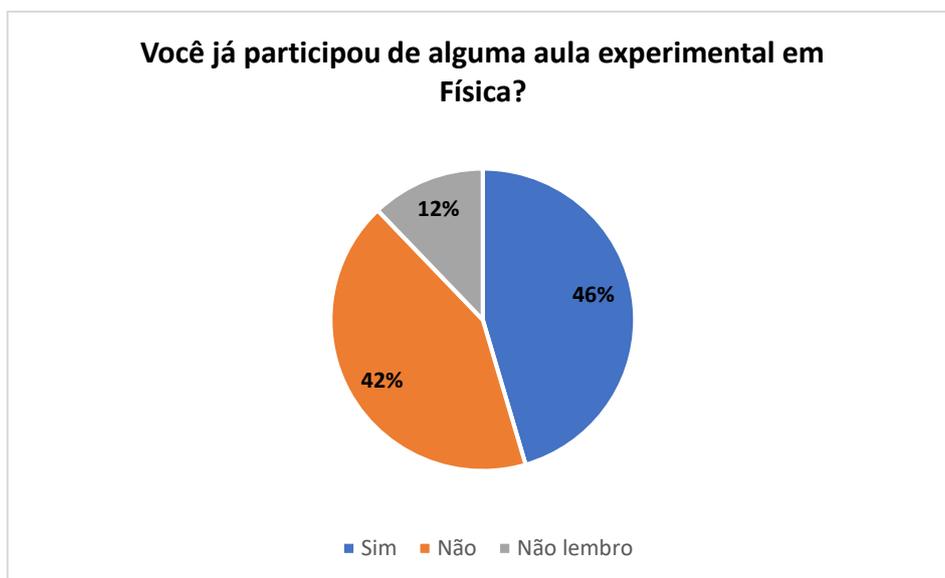
Fonte: Autor, 2018

Analisando o gráfico acima percebemos que a maioria dos alunos conseguiram acertar no mínimo 50% das questões do teste que foi aplicado uma semana após a aplicação da SEI.

Considerando os resultados acima e associando às atividades desenvolvidas durante a SEI, julgamos que esta metodologia mostrou que os alunos, em grande maioria, conseguiram compreender o conteúdo trabalhado.

Para compreender melhor os resultados obtidos realizamos uma pesquisa através de oito perguntas com o objetivo de analisar como esta metodologia foi aplicada na perspectiva dos alunos. As respostas estão organizadas conforme os gráficos abaixo.

Gráfico 03: Primeira pergunta do questionário.



Fonte: Autor, 2018

A primeira pergunta realizada neste questionário é preocupante, pois apenas 46% dos alunos tiveram alguma experiência em aulas experimentais. Na visão de Moura, Costa e Freire (2018) concordando com Gil Perez et all (1999) as atividades experimentais desenvolvem a motivação para que os alunos se interessem pela Física.

No entanto se a pergunta fosse referente ao atual ano letivo, 100% dos alunos não teriam participado de alguma atividade experimental, pois ao aplicar esta SEI realizamos a primeira visita dos alunos ao laboratório de Física da escola.

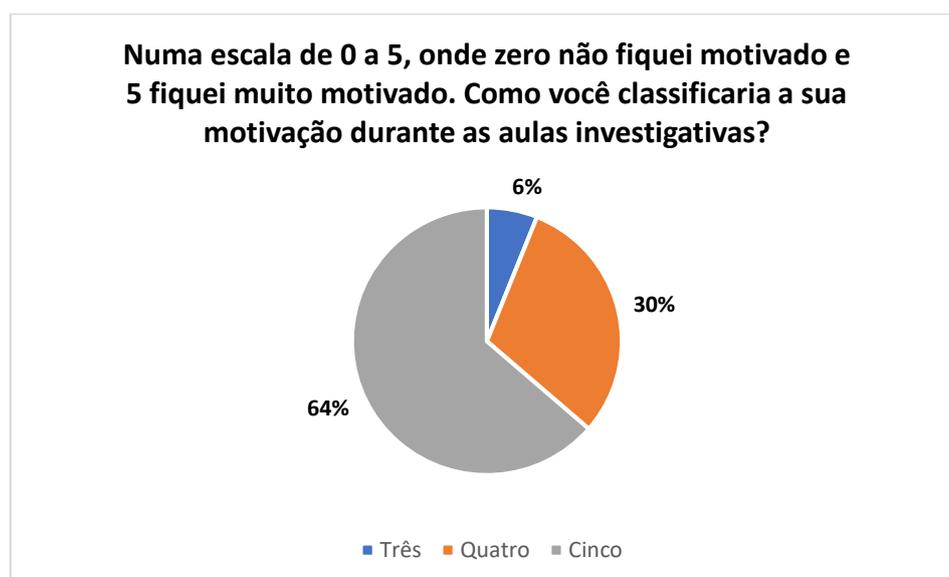
Gráfico 04: Segunda pergunta do questionário



Fonte: Autor, 2018

A pergunta do gráfico 04, traz a visão do aluno sobre como ele vê a metodologia do ensino investigativo no contexto escolar. Observa-se que 100% dos alunos não avaliam o ensino tradicional como a melhor forma de ensinar física. Analisando esse contexto podemos reafirmar a importância de metodologias de ensino focado no aluno.

Gráfico 05: Terceira pergunta do questionário



Fonte: Autor, 2018

Mantendo o raciocínio do gráfico 04 podemos analisar a importância de se adotar metodologias de ensino ao analisar o gráfico 05. Analisando percebemos

que as duas melhores notas somam 94% de aprovação que nos reafirmam o pensamento dos alunos sobre a aula de Ensino por Investigação.

Gráfico 06: Quarta pergunta do questionário



Fonte: Autor, 2018

Gráfico 07: Quinta pergunta do questionário



Fonte: Autor, 2018

Analisando os gráficos 06 e 07 percebemos que os alunos sentem medo de estar errados durante as atividades, porém ao realizar atividades em grupo os alunos começam a interagir socialmente facilitando e melhorando o processo

de ensino-aprendizagem. Essa afirmação é corroborada por Carvalho (2016), Moreira (2011), Piaget (1948) e Vygotsky (1988) durante o capítulo 02 onde abordamos a importância das atividades em grupo que facilitam o processo de ensino-aprendizagem para a aquisição do novo conhecimento. Resumindo, a importância das atividades em grupo e a socialização do conhecimento foram endossadas pelos alunos participantes desta pesquisa.

Gráfico 08: Sexta pergunta do questionário



Fonte: Autor, 2018

Gráfico 09: Sétima pergunta do questionário



Fonte: Autor, 2018

Os gráficos 08 e 09 seguem a mesma linha de raciocínio, pois, os estudantes reafirmam que atividades em grupo favorecem a aprendizagem e que os colegas ajudam nos momentos de dúvida. Em alguns momentos se torna mais fácil entender o conteúdo programático através da explicação de um colega do que na fala do professor.

A última pergunta realizada aos alunos foi: O que você mais gostou das aulas? A leitura? As demonstrações, experimentos ou previsão? Qual das práticas você achou mais interessante?

Ao responder essas questões os alunos produziram um pequeno texto sobre o que mais gostaram durante a atividade emitindo suas opiniões. Ao analisar as respostas, tentamos organizá-las em grupos de respostas e selecionamos algumas que representam a opinião da classe. Para João Felipe:

“Em tudo nas aulas eu gostei, só pelo simples fato do ensino ser por investigação” (João Felipe, 16 anos)

A resposta do aluno João Felipe apesar de ser curta, nos permite entender que ao mudar a postura do professor que se transforma em um orientador a relação professor/aluno também é contemplada e conseqüentemente o processo de ensino-aprendizagem se torna mais agradável na perspectiva do aluno. Essa interação é prevista por Piaget (1948), Azevedo (2009) e Carvalho (2014, 2016).

As respostas dos alunos abaixo foram direcionadas para as atividades experimentais, ou seja, para as etapas de Problemas Abertos e Laboratório Aberto.

“As demonstrações e experimentos, pois, nós não aprendemos somente a teoria, e sim, na prática” (Ana Maria, 16 anos).

“O experimento, pois conseguimos trabalhar os conteúdos dado em sala de aula, de uma forma mais ampla e bem mais clara, de forma dinâmica, fazendo com que a nossa atenção se voltasse diretamente para o experimento” (Francisco José, 15 anos).

“O experimento que facilitou na hora da aprendizagem e junto o dinamômetro que ajudou na hora dos cálculos e principalmente a explicação do professor” (Jéssica Sousa, 15 anos).

“A prática do experimento, pois com ele nós alunos podemos praticar e aprender mais com essa prática. Foi uma forma de aprendizagem muito interessante” (Cristina Rayanne, 16 anos)

Analisando as respostas percebemos que os alunos também compreenderam a importância de atividades experimentais no processo de ensino-aprendizagem. Analisando as respostas dos alunos Francisco José e Cristina Rayanne, percebemos que as atividades experimentais permitiram trabalhar os conteúdos vistos em sala de aula de forma mais ampla e dinâmica. Esta afirmação também representa a opinião da classe. Para a aluna Jéssica Sousa, a participação do professor foi fundamental no aprendizado. Essa afirmação, como já comentada anteriormente, deve-se ao fato da mudança de postura do professor e na mudança de postura do aluno, que diante das atividades investigativas torna-se o agente principal do processo de aprendizagem (AZEVEDO, 2009; MOURA; COSTA; FREIRE, 2018).

As próximas afirmações contêm relatos sobre as atividades experimentais (problema e laboratório abertos), porém vamos analisar, durante as afirmações, as demais atividades da SEI.

“As demonstrações e os experimentos foram muito legais. A aprendizagem foi melhor do que a (aula) tradicional fazendo trabalhos em grupo favoreceu a aprendizagem” (Emanuel Silva, 16 anos).

“O que mais gostei nas aulas foi a parte de demonstrações, e, também o método de dedução pra mim foi uma das práticas mais interessantes” (André Silva, 17 anos).

“Para mim as aulas foram muito interessantes, os experimentos feitos em sala, foi bem importante não só para mim como também para meus colegas, entre as práticas vistas na sala a mais interessante foi a do aplicativo mostrado” (Carlos Augusto, 16 anos).

A primeira afirmação, do aluno Emanuel Silva, contempla os objetivos propostos por esta pesquisa, pois, na visão do aluno a proposta investigativa conseguiu favorecer a aprendizagem ao elaborar a SEI e ao realizar as atividades em grupo. Na opinião do aluno André Silva que considerou as atividades de demonstração (Recursos Tecnológicos) mais interessante se deve ao fato que naquele momento os alunos se encontravam em plena atividade investigativa, ou seja, naquele momento conseguimos alcançar o objetivo de inserir os alunos em atividades investigativas. Essa etapa citada pelos alunos André Silva e Carlos Augusto se mostrou como uma das principais atividades investigativas pelo fato de reforçar o conceito de densidade e esclarecer como o empuxo acontece em objetos imersos na água. A mesma atividade que

proporcionou aos alunos deduzir a equação do empuxo só foi possível graças ao espírito investigativo que os estudantes tiveram durante toda a SEI.

Analisando todos os textos dos alunos, destacamos a afirmação da estudante

Emília Santana:

“Na verdade, gostei um pouco de cada coisa. A leitura me ajudou a compreender o conceito de empuxo, junto com as demonstrações e principalmente com o experimento, onde colocamos a ‘mão na massa’ e calculamos por conta própria o valor do empuxo em cada objeto e também achei interessante a brincadeira do afunda ou boia onde o empuxo de uns objetos eram maior que outros” (Emília Santana, 16 anos)

A estudante conseguiu perceber a importância de cada etapa da SEI para a construção do conhecimento ao resumir o que gostou de cada atividade. Analisando a afirmação da estudante ao colocar a “mão na massa” e calcular experimentalmente o valor do empuxo, percebemos que a atividade demonstrativa se constitui de uma sequência lógica em que a atividade anterior ajuda na etapa seguinte.

Analisando as atividades desenvolvidas durante a SEI, o teste aplicado em sala de aula uma semana após a atividade e analisando o questionário com os alunos, conseguimos avaliar a aplicação da metodologia do Ensino por Investigação de três formas diferentes e em todas percebemos a viabilidade de aplicar esta metodologia em outros conteúdos programáticos.

## 8. Considerações finais

Considerando os objetivos apresentados nesta pesquisa podemos realizar algumas observações importantes para reconhecer a validade da construção e aplicação do produto educacional ao abordar o Ensino de Física por Investigação.

Analisando a metodologia através das teorias do cognitivismo de Piaget e relacionando ao sóciointeracionismo de Vygotsky onde ambos concordam que a construção do conhecimento nasce através das funções mentais, relações e processos sociais percebemos na prática, durante esta pesquisa, que para a construção do novo conhecimento é necessário valorizar o conhecimento anterior, a realização de atividades em grupo e a mudança de postura do professor e aluno. Essas afirmações também são defendidas por Azevedo (2009), Carvalho (2014, 2016) e Silva (2014) além de ser descrita pelos PCN (BRASIL, 2002). Os PCNs evidenciam a valorização da situação-problema e a investigação como competências e habilidades para a construção do conhecimento.

Analisamos a investigação científica como alicerce para o Ensino de Física por Investigação e após evidenciar suas semelhanças, traçamos suas diferenças e destacamos como pontos primordiais o papel do professor, que precisa planejar nos mínimos detalhes essa metodologia de ensino, e ao aluno, como ser pensante e ativo durante todo o processo no ensino por investigação. Durante a aplicação da SEI evidenciamos a participação dos alunos em atividades investigativas os quais permitiu desenvolver atitudes científicas para a solução das situações-problemas apresentados.

Ao analisar os critérios de avaliação da SEI, concordamos com Carvalho (2016) e Borrajo (2017) que indicam formas diferentes da avaliação somativa. Para os autores é necessário realizar diversas formas de avaliar e entre essas avaliações podemos citar a argumentação durante as discussões em sala (como ocorrido durante a etapa de Leitura de Textos), a construção de textos, desenhos, esquemas e a resolução de problemas (questões, desafios demonstrativos ou experimentais).

Durante esta pesquisa realizamos a avaliação da atividade conforme a indicação dos autores e realizamos mais duas avaliações (teste e questionário). Essas avaliações complementares nos permitem afirmar que a metodologia do Ensino por Investigação necessita ser bem planejada, inclusive prevendo os possíveis contratempos.

Podemos evidenciar que esta pesquisa conseguiu extrair bons resultados e que atingiu os objetivos propostos, pois evidenciamos as principais características do ensino investigativo ao elaborar do produto educacional; conseguimos levar o espírito investigativo aos alunos ao inseri-los nas atividades investigativas; evidenciamos através da aplicação do produto educacional o desenvolvimento de atitudes científicas e realizamos as avaliações propostas obtendo resultados que demonstram a construção do conhecimento além de entender a opinião dos alunos sobre a proposta de ensino que eles participaram.

Podemos afirmar que esta pesquisa terá continuidade, pois os dados colhidos durante este trabalho nos forneceram indicadores necessários para, em breve, analisar a construção do conhecimento por outros caminhos, como: a Argumentação através do Padrão de Argumentação de Toulmin (TAP) e a Alfabetização Científica (AC) através dos indicadores de AC analisado por Sasseron (2008) e Barrelo Junior (2015).

Para concluir, acreditamos que o Ensino de Física por Investigação no Ensino Médio é uma metodologia de ensino que instiga, estimula, incentiva e permite melhorar a qualidade do ensino do nosso país, e, quando o professor realiza essa metodologia adaptada a sua realidade, ocorre uma aproximação na relação professor-aluno que promoverá o que esperamos da nossa educação: a construção do conhecimento científico.

## Referência Bibliográfica

ARAUJO, Renato Santos et al. As Leis de Newton e do Trânsito em uma Sequência de Ensino Investigativa Com Enfoque CTS. **Revista Ciências & Ideias** Issn: 2176-1477, [s.l.], v. 8, n. 1, p.227-236, 13 set. 2017. Instituto Federal de Educacao Ciencia e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ. <http://dx.doi.org/10.22>.

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: Cengage Learning. 2009. cap. 2, p. 19-33.

BARRELO JUNIOR, Nelson. **Promovendo a Argumentação em sala de aula de Física Moderna e Contemporânea: Uma Sequência e Ensino Investigativa e as Interações Professor-Aluno**. 2015. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Área de Concentração: Ensino de Física, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-14092015-114736/publico/Nelson\\_Barrelo\\_Junior.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-14092015-114736/publico/Nelson_Barrelo_Junior.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2015.

BELLUCCO, Alex; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v. 31, n. 1, p.30-59, 25 nov. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n1p30>.

BENDER, Willian N. **Aprendizagem Baseada Em Projetos: Educação Diferenciada - Para o Século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2014.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313. 2002.

BORRAJO, Thiago Balacó. **ATIVIDADES INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA**. 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de

Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais - ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília: MEC. 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais - ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília: MEC. 2002.

CACHAPUZ, António et al. **A necessária renovação do ensino das ciências.** São Paulo: Cortez, 2005.

CAPECCHI, Maria Candida Varone de Moraes. **Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de física.** 2004. 264 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação., Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CAPELLÃO, Adriana. **Tecnologias da Educação e Comunicação na educação.** Desenvolvimento Educacional. Editora IBPEX, 2010.

CARMO, Alex Bellucco do. **Argumentação matemática em aulas investigativas em Física.** 2015. 251 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação. Área de Concentração : Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CARVALHO, A. M. P. O Ensino de Ciências e a proposição de Sequências de Ensino Investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.* São Paulo: Cengage Learning, 2016. Cap. 1 p. 01-20.

CARVALHO, A. M. P; SASSERON, L. H. Ensino de Física por Investigação: Referencial teórico e as pesquisas sobre as Sequências de Ensino Investigativas. *Ensino Em Re-Vista.* v.22, n.2, p.249-266, jul./dez. 2015.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Calor e temperatura**: um ensino por investigação. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. 146 p.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. Ensino de Física por Investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino sobre calor e temperatura. **Ensino em Re-vista**, [s.l.], v. 22, n. 2, p.249-266, 15 dez. 2015. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/er-v22n2a2015-1>.

CHASSOT, Ático. Educação conSciência. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2003

CLEMENT, Luiz; CUSTÓDIO, José Francisco; ALVEZ FILHO, José de Pinho. Potencialidades do ensino por investigação para Promoção da motivação autônoma na educação científica. Alexandria - Revista de Educação em Ciência eTecnologia, v.8, n.1, p.101-129, 2015.

CLEOPHAS, Maria das Graças. Ensino por investigação: concepções dos alunos de licenciatura em Ciências da Natureza acerca da importância de atividades investigativas em espaços não formais. **Revista Linhas**, [s.l.], v. 17, n. 34, p.266-298, 29 jun. 2016. Universidade do Estado de Santa Catarina. <http://dx.doi.org/10.5965/1984723817342016266>.

DELIZOICOV, D. **Didática Geral**. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2008.

ERNEST, Paul. Investigações, resolução de problemas e pedagogia. In: ABRANTES, P. Investigar para aprender matemática. Portugal: APM, 1996. p.25-48

FERREIRA, Jéssica Kelly Souza; CASTRO, Paula Almeida de. Giramundo: ensino e aprendizagem no contexto das tecnologias da informação e comunicação. Revista Tecnologias na Educação- Ano 9-Número/Vol.19- Julho 2017. Disponível em: <http://tecedu.pro.br/>. Acesso em 19 de setembro de 2017.

GIL PEREZ, D. et al. Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las ciencias**. 17 (2), p. 213-314, 1999.

GRESCZYSCZYN, Marcella Cristyanne Comar; CAMARGO FILHO, Paulo Sérgio; MONTEIRO, Eduardo Lemes. Determinação do nível de alfabetização

científica de estudantes da etapa final do ensino médio e etapa inicial do ensino superior. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Curitiba, v. 11, n. 1, p.192-208, jan. 2018.

LEMOS, André. *Cibercultura: tecnologia e vida social na cultura contemporânea*. 7. ed. Porto Alegre: Sulina, 2015. 295 p. (Coleção Cibercultura).

MELLO, S. A. O processo de aquisição da escrita na educação infantil: contribuições de Vygotsky. In: FARIA, A. L. G.; MELLO, S. A. (Org.). *Linguagens infantis: outras formas de leitura*. Campinas: Autores associados, 2005. p. 23-40.

MIRANDA, Mayara de Souza; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; SUART, Rita de Cássia. PROMOVENDO A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA POR MEIO DE ENSINO INVESTIGATIVO NO ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA: CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO INICIAL DOCENTE. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (belo Horizonte)**, [s.l.], v. 17, n. 3, p.555-583, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172015170302>.

MOURA, Fábio A. de; COSTA, Brendo C.; FREIRE, Gabryell M.. **Ensino de Física por Investigação**: Relato de uma Sequência de Ensino Investigativo sobre a 1ª Lei de Newton aplicada em uma escola pública de Ensino Médio. [s.i]: Novas Edições Acadêmicas, 2018.

MOURA, Fábio Andrade de; MANDARINO, Pedro Henrique Pastana. Ensino de Física por Investigação: relato de caso sobre uma sequência didática de aulas experimentais no ensino de empuxo. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO DE CIÊNCIAS, 2., 2017, Campina Grande. **Anais do II CONAPESC**. Campina Grande: Editora Realize, 2017. v. 1, p. 1 - 3. Disponível em:

[http://editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO\\_EV070\\_MD1\\_SA5\\_ID1591\\_01052017120918.pdf](http://editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV070_MD1_SA5_ID1591_01052017120918.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2017.

NASCIMENTO, Bárbara Luciana Duarte do et al. “BIODICAS”: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM JOGO DIDÁTICO PARA O ENSINO MÉDIO. **Revista Ciências&ideias**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p.1-12, jul. 2012. Quadrimestral.

NOBRE, Gilberto Rubens de Oliveira. **O ensino investigativo do movimento de pequenos corpos do Sistema Solar a partir de recursos disponíveis na internet.** 2016. 218 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

NUNES, Poliana Rodrigues; CHAVES, Andréa Carla Leite. CIANO QUIZ: UM JOGO DIGITAL SOBRE CIANOBACTÉRIAS COMO INSTRUMENTO PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO MÉDIO. **Revista Ciências & Ideias** **Issn:** 2176-1477, [s.l.], v. 7, n. 3, p.324-349, 17 fev. 2017. Instituto Federal de Educacao Ciencia e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ. <http://dx.doi.org/10.22407/issn.2176-1477.2016v7i3447>.

PASQUALETTO, Terrimar Ignácio; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: uma Revisão da Literatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s.l.], v. 17, n. 2, p.551-577, 31 ago. 2017. Revista Brasileira de Pesquisa em Educacao em Ciencia. <http://dx.doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172551>.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Angel Gomes. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências:** Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

POZO, Juan Ignacio; PÉREZ ECHEVERRÍA, María Del Puy. La solución de problemas. Madri: Santillana, 1994.

ROCHA, Carlos José Trindade da; ALTARUGIO, Maisa Helena; MALHEIRO, João Manoel da Silva. Indicadores de ensino investigativo para a prática de ensino em escolas públicas do Pará. **Research, Society And Development**, Itajubá, v. 7, n. 8, p.1-19, abr. 2018. Mensal.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização Científica, Ensino Por Investigação E Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (belo Horizonte)**, [s.l.], v. 17, n. , p.49-67, nov. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>.

SASSERON, Lúcia Helena. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula.** 2008. 265 f. Tese

(Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação. Área de Concentração : Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, Lucia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. **Ciência & Educação (bauru)**, [s.l.], v. 20, n. 2, p.393-410, abr. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000200009>.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s.l.], v. 13, n. 3, p.333-352, jul. 2008.

SILVA, Osmar Henrique Moura da; ARRUDA, Sergio de Mello. INVISIBILIDADE DA GARRAFA: UM EQUIPAMENTO DEMONSTRATIVO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA PARA AMBIENTES DE EDUCAÇÃO INFORMAL. **Revista Ciências&ideias**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p.195-205, maio 2016. Quadrimestral.

SILVA, Vanessa Martini da. **O ensino por investigação e o seu impacto na aprendizagem de alunos do ensino médio de uma escola pública**. 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SPERANDIO, Maria Regina da Costa. **Ensino de Ciências por Investigação para professores da educação básica: dificuldades e experiências de sucesso em oficinas pedagógicas**. 2017. 237 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

Toulmin, S.E., **Os Usos do Argumento**, São Paulo: Martins Fontes, 2ª. Edição, 2006.

VANNUCCHI, Andrea Infantosi. **História e Filosofia da Ciência: da Teoria para a Sala de Aula**. 1997. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de

Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

## **Apêndice A – Produto educacional: Sequência de Ensino Investigativa - SEI sobre Empuxo**

### **1. Apresentação**

Este trabalho apresenta o produto educacional elaborado e supervisionado como dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, coordenado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Pará. O produto educacional apresentado trata de uma proposta sobre o ensino de empuxo para alunos do Ensino Médio através do Ensino por Investigação.

A proposta apresentada é baseada em livros, artigos, dissertações e teses que tratam do assunto e que ao mesmo tempo visam melhorar o ensino ao propor uma mudança de postura dos alunos, que se tornam o agente principal do processo investigativo, e do professor, que além de ter o papel de planejar as atividades investigativas, precisa atuar como um mediador e/ou orientador.

As atividades apresentadas neste trabalho são organizadas em uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) dividida em 07 (sete) etapas. A primeira etapa é uma Leitura de Texto; a segunda etapa trata sobre Questões Abertas; a terceira etapa é uma Demonstração Investigativa; a quarta etapa é uma aplicação de Recursos Tecnológicos; a quinta etapa trabalha com Problemas Abertos; a sexta etapa utiliza o Laboratório Aberto como instrumento de ensino e a sétima etapa é uma Sistematização do Conhecimento.

## 2. Compreendendo as etapas da SEI

Antes de apresentar a Sequência Didática para as atividades investigativas, é necessário entender os conceitos e princípios de cada atividade, pois dependendo de como é organizada a SEI, a mesma atividade pode ter objetivos diferentes, ou seja, o objetivo que se almeja depende diretamente da sequência didática organizada.

Ao realizar pesquisas sobre o Ensino por Investigação e concentrar na área de Ciências/Física encontramos vários autores com larga experiência que através de suas pesquisas nos permite compreender as dificuldades que aparecerão. Ressaltamos que esta Sequência Didática se baseia principalmente nos trabalhos de Anna Maria Pessoa de Carvalho, Lúcia Helena Sasseron, Maria Cristina P. Stella de Azevedo e Nelson Barrelo Júnior.

Podemos compreender esta SEI analisando o significado de cada etapa. Analisando a Etapa 1, Leitura de Texto, Carvalho (2016) afirma que os textos utilizados devem sempre ter uma conexão/contextualização com o fenômeno estudado, e que os textos de apoio têm que permitir o debate entre os grupos de alunos e depois realizar uma discussão com toda a sala de aula. Azevedo (2009), Barrelo Júnior (2015) e Carvalho (2014; 2016) utilizaram a Leitura de Texto como ferramenta para discussão e sistematização do conhecimento, porém nesta SEI será utilizada como introdução das atividades para que os alunos consigam ver a importância do fenômeno e que percebam ao longo da SEI a construção do conhecimento.

A Etapa 2, Questões Abertas, é uma continuação da etapa anterior, pois será abordada a mesma temática com o uso de uma brincadeira chamada de “afunda ou boia”. Para Azevedo (2009) “chamamos de questões abertas aquelas em que procuramos propor para os alunos fatos relacionados ao seu dia-a-dia, cuja explicação estivesse ligada ao conceito discutido e construído nas aulas anteriores”. Segundo a autora esta etapa se torna importante devido ao desenvolvimento da argumentação dos alunos e destaca também a importância do uso da linguagem científica, inicialmente em fase de construção, e a organização da atividade em pequenos grupos de alunos.

Durante a Etapa 3, Demonstração Investigativa, o professor organizará um experimento unindo no mesmo recipiente líquidos heterogênicos e com densidades diferentes para introduzir pequenos blocos de diferentes densidades. Este experimento, executado pelo professor, permite aos alunos sair do campo da teoria e entrar no campo da experimentação que neste contexto o mais importante é permitir aos alunos o tempo necessário para o levantamento de hipóteses e indica as devidas soluções para a situação-problema apresentada. Segundo Carvalho (2014, p.45) as demonstrações investigativas “partem da apresentação de um problema relacionado ao fenômeno a ser estudado e propõem ao aluno uma reflexão acerca desse fenômeno, proporcionando um caráter investigativo a esta atividade”.

A Etapa 4, Recursos Tecnológicos, prevê a análise dos conceitos abordados nas etapas anteriores, permitindo estabelecer conexões entre fenômenos físicos, podendo, então, o aluno deduzir teorias e hipóteses para a solução da situação-problema apresentada. Segundo Carvalho (2014, p.114) atividades com o suporte de Recursos Tecnológicos “não se quer a substituição da experimentação real, nem colocar o uso dessas tecnologias no mesmo patamar epistemológico e educacional da experimentação em termos de resultados”. A autora afirma que essas atividades promovem mudanças atitudinais permitindo ao aluno realizar debates e diálogos com os colegas de sala melhorando assim o desenvolvimento da argumentação.

Durante a Etapa 5, Problemas Abertos, os alunos terão a chance de resolver problemas que devem levar à matematização dos resultados. Para Azevedo (2009, p.30) Problemas Abertos “são situações gerais apresentadas aos grupos ou à classe, nas quais se discute desde as condições de contorno até as possíveis soluções para a sua situação apresentada”. A autora afirma que esta etapa é uma atividade que vai além do uso de lápis e caneta e que pode demandar um maior tempo em relação às demais etapas.

A Etapa 6, Laboratório Aberto, permitirá ao aluno um papel mais científico, pois, ao ser apresentado a situação-problema, o aluno terá que pensar da mesma forma que um cientista para solucionar o problema. Azevedo (2009, p.27) entende que “a solução de uma questão, que no caso será respondida por uma

experiência” é a característica de um Laboratório Aberto. Para Carvalho (2014) o Laboratório Aberto é “uma investigação experimental por meio da qual se pretende que os alunos, em grupo, resolvam o problema”. Barrelo Junior (2015, p.60) concorda com os autores e ao mesmo tempo defende que o Ensino por Investigação requer atividades experimentais que permita ao aluno compreender os fenômenos da natureza.

“As atividades experimentais centradas na investigação apresentam um maior potencial para a aprendizagem dos alunos, tanto no que se refere ao entendimento conceitual quanto na compreensão da natureza da ciência e são particularmente importantes em face das propostas de ensino e aprendizagem por investigação.” (Barrelo Junior, 2015, p.60)

Nesta etapa de Laboratório Aberto, sem roteiro definido, os alunos irão medir experimentalmente o valor da aceleração gravitacional através do conceito de empuxo. A previsão é que os alunos consigam fazer esta atividade em até 03 (três) formatos diferentes.

A Etapa 7, Sistematização do Conhecimento, ocorrerá ao final da SEI com o objetivo de verificar se ainda há alguma dúvida por parte dos alunos. Esta etapa terá dois momentos: i) No primeiro os alunos terão um tempo para organizar uma discussão entre os grupos para poder socializar com toda a classe; ii) No segundo momento, o professor realizará um debate sobre todas as etapas realizadas e em seguida apresentará uma aula interativa explorando toda a situação-problema analisada nas etapas anteriores e solicitará aos alunos a resolução, individual, de uma lista de exercícios. A justificativa para esses dois momentos de sistematização se deve ao fato que estamos trabalhando com alunos do Ensino Médio que em breve farão o ENEM e/ou vestibulares. Cabe lembrar que a sistematização do conhecimento também é realizada ao final de cada etapa, no momento em que os alunos fazem as discussões em grupo e com a turma inteira.

A avaliação da SEI é um ponto importante a se discutir, pois precisamos perceber se houve, e como aconteceu, a construção do conhecimento através do processo de argumentação que, nesta SEI, será analisado com base na teoria de Toulmin (2006) através dos indicadores da Alfabetização Científica (AC) analisando os eixos estruturantes da AC. Esses eixos estruturantes foram

divididos em 03 (três) blocos: i) O primeiro refere-se a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos fundamentais; ii) O segundo refere-se à compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; iii) O terceiro compreende o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (CARVALHO; SASSENON, 2015).

A partir desse resumo sobre o que é cada etapa desta SEI, podemos apresentar a Sequência de Ensino Investigativo sobre empuxo.

### 3. Sequência de Ensino Investigativo – SEI

A SEI apresentada neste trabalho tem como foco o estudo e a análise do empuxo a partir da compreensão dos conceitos de massa, volume, densidade e peso. A sequência foi dividida em 07 (sete) etapas que poderá ser trabalhada em 06 (seis) aulas. Para compreender a lógica planejada para esta SEI, elaboramos um planejamento geral e outro para cada etapa do Ensino Investigativo.

#### 3.1. Visão geral da SEI – Planejamento da Sequência de Ensino Investigativo

**Título:** Explorando os fenômenos físicos relacionados a Densidade e Empuxo

**Apresentação:** Essa Sequência didática de ensino foi elaborada pensando na experiência que o aluno terá ao vivenciar fenômenos da Física que permitirá, ao aluno, trabalhar em grupos, elaborar teorias e hipóteses para solucionar as situações-problemas apresentadas. Esta experiência em sala de aula permitirá colocar em prática tudo aquilo que é ensinado sobre empuxo. As atividades de ensino proporcionarão ao aluno compreender os conceitos de empuxo relacionando a massa, volume (líquido, objeto e líquido deslocado), densidade, força peso (real e aparente) e aceleração gravitacional. Os conceitos apresentados serão ligados ao cotidiano do aluno, para mostrar que a física envolve esses fenômenos tão próximos da nossa realidade.

**Introdução:** Você já assistiu a programas de TV com quadros sobre a brincadeira do afunda ou boia? Já parou para pensar o porquê destes objetos afundar ou boiar ao entrar em contato com a água? Você já mergulhou em uma piscina e se sentiu mais “leve” que fora dela? Esta sequência de atividade pretende explicar esses fenômenos através de leituras, discussões, análise de dados e algumas atividades experimentais.

**Objetivo:** Fazer com que os alunos entendam os conceitos abordados permitindo que ao final compreendam a relação entre empuxo, densidade e peso.

**Público-alvo:** Alunos do Ensino Médio.

**Número de aulas:** 7 atividades divididas em 6 aulas.

**Conteúdo físico abordado:** Massa, volume, aceleração gravitacional, peso, densidade e empuxo.

#### Quadro resumo da Sequência de Ensino Investigativo

Atividades propostas	Momentos	Duração
Etapa 01: Leitura de Texto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura de 2 textos sobre o mar morto;</li> <li>• Debate do texto 1 (em grupos e em sala);</li> <li>• Debate do texto 2 (em grupos e em sala);</li> <li>• Sistematização da leitura em sala.</li> </ul>	0,5 aula
Etapa 02: Questões Abertas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1ª atividade experimental (afunda ou boia);</li> <li>• Debate em grupos para analisar e justificar os resultados encontrados no experimento;</li> <li>• Sistematização da atividade em sala.</li> </ul>	0,5 aula
Etapa 03: Demonstração Investigativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação da 2ª atividade experimental (coluna de líquidos);</li> <li>• Debate em grupos para analisar e justificar os resultados encontrados no experimento;</li> <li>• Sistematização da atividade em sala.</li> </ul>	1 aula
Etapa 04: Recursos Tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação da atividade através do aplicativo;</li> <li>• Debate em grupos para analisar e justificar as relações entre as grandezas analisadas;</li> <li>• Sistematização da atividade em sala.</li> </ul>	1 aula
Etapa 05: Problema Aberto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação da 3ª atividade experimental para medir <math>m</math>, <math>V_{LD}</math>, <math>P_R</math>, <math>P_{AP}</math>, <math>d</math> e <math>E</math>;</li> <li>• Debate em grupos para analisar e justificar as relações entre as grandezas analisadas;</li> <li>• Sistematização da atividade em sala.</li> </ul>	1 aula
Etapa 06: Laboratório Aberto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação do Problema;</li> <li>• Apresentação do material disponível;</li> <li>• Elaboração de estratégias, pelos alunos, para a solução do problema;</li> </ul>	1 aula

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debate em grupos, sob a mediação do professor, para analisar a solução do problema;</li> <li>• Apresentação da(s) Solução(ões) do Problema;</li> <li>• Sistematização da atividade em sala.</li> </ul>	
Etapa 07: Sistematização do Conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistematização das atividades realizada pelos alunos;</li> <li>• Sistematização das atividades realizada pelo professor.</li> </ul>	1 aula

### 3.2. Etapa 01 – Leitura de Textos

**Situação-Problema:** Você já viu algum vídeo ou leu alguma reportagem sobre o Mar Morto? O que ele tem de tão especial que atrai milhares de turistas?

**Conteúdo Físico:** massa, volume, densidade e empuxo

**Objetivo:** Introduzir, através da leitura de dois textos, o conceito de densidade e deduzir, através da leitura (ou apresentar), a equação matemática para calcular a densidade.

**Procedimentos metodológicos:** Antes de começar a aula, a turma será dividida em grupos de até 05 (cinco) alunos e depois começamos a aula com a apresentação do tema geral da SEI. Em seguida será entregue aos alunos dois textos (em anexo) que tratam sobre os aspectos turísticos e físicos do mar morto. O primeiro texto, que apresenta o motivo do nome Mar Morto, faz uma reflexão da influência dos sais minerais na água e apresenta o conceito de densidade. Durante a atividade do primeiro texto, os alunos irão debater o texto e pretende-se que ao final das discussões, os alunos tenham noção do conceito de densidade. O segundo texto, que retrata a alta densidade do Mar Morto, apresenta a equação matemática da densidade e apresenta o conceito de empuxo. Durante a atividade pretende-se que os alunos compreendam a relação entre massa, volume e densidade e, também, relacionem o conceito de empuxo ao de densidade. Ao final da leitura dos dois textos, além de responder às perguntas da situação-problema, será realizado uma sistematização dos textos e espera-se que os alunos também escrevam alguns textos para descrever o que foi compreendido durante as aulas.

**Recursos Instrucionais:** Textos de apoio (Texto 1: Por que o Mar Morto recebe este nome? Texto 2: O Mar Morto e a Alta Densidade).

**Avaliação:** A avaliação da SEI ocorrerá ao finalizá-la. Nesta etapa espera-se que o aluno consiga interpretar a equação da densidade compreendendo as relações entre massa, volume, densidade e empuxo. Essas relações serão evidenciadas através de textos escritos pelos alunos e nas conversas (discussões) em grupo.

### 3.3. Etapa 02 – Questões Abertas

**Situação-Problema:** Você já brincou de afunda ou boia? Essa brincadeira é comum em vários programas da televisão brasileira como Domingo Legal, Programa da Eliana, Programa do Gugu, entre outros. Como podemos saber se um objeto vai afundar ou boiar na água?

**Conteúdo Físico:** massa, volume e densidade

**Objetivo:** Fazer o aluno perceber que, para o objeto afundar ou boiar, é necessário estabelecer a relação entre suas densidades. Caso o objeto tenha densidade maior que a da água, irá afundar; caso a densidade seja igual a da água, ficará flutuando no meio da coluna do líquido e caso a densidade do objeto seja menor que a densidade da água ficará boiando na superfície do líquido.

**Procedimentos metodológicos:** A aula começará retomando os conceitos estudados na atividade anterior e em seguida os grupos, separadamente, vão começar a brincadeira do afunda ou boia. Após o término da brincadeira, o professor selecionará 8 objetos e perguntará a turma se o mesmo afunda ou boia. Porém cada grupo terá que explicar os motivos das respostas (antes do professor mergulhar os objetos). Em seguida inicia-se os debates que será encerrado após os alunos compreenderem a necessidade de conhecer (ou estimar) a densidade do objeto que será mergulhado na água. Para finalizar a aula, será realizado a sistematização da etapa reafirmando o que foi estudado.

**Recursos Instrucionais:** Becker, água e objetos de diferentes densidades.

**Avaliação:** Nesta etapa espera-se que o aluno consiga interpretar a equação da densidade. Espera-se que os alunos compreendam a condição necessária para que um objeto afunde ou não na água. Essas relações serão evidenciadas através de textos, desenho e discussão realizada pelos alunos.

### 3.4. Etapa 03 – Demonstração Investigativa

**Situação-Problema:** Você lembra o que é uma mistura homogênea e uma heterogênea? Já brincou ou viu algum vídeo com colunas de líquidos que não se misturam? O que acontece se repetirmos a brincadeira da etapa anterior nessa coluna de líquidos?

**Conteúdo Físico:** massa, volume e densidade

**Objetivo:** Reforçar o conceito de densidade para evitar que algum aluno permaneça sem compreender esse conceito.

**Procedimentos metodológicos:** A aula começará retomando os conceitos estudados na atividade anterior e em seguida o professor organizará um debate com toda a turma para verificar se os alunos lembram o conceito de misturas homogêneas e heterogêneas. Em seguida, o professor mostrará os três líquidos e adicionará corantes de cores diferentes para ficar evidente a diferença entre os líquidos e em seguida montará a coluna de líquidos. Após montar a coluna de líquidos, o professor introduzirá no becker 4 objetos de diferentes densidades onde o primeiro ficará no fundo do recipiente; o segundo ficará no fundo do líquido do meio; o terceiro ficará no fundo do líquido superior e o quarto ficará na superfície do líquido superior. Após realizar a atividade demonstrativa, haverá a discussão em grupo – tendo o professor como mediador –, devendo os discentes, anteriormente, anotar suas teorias e argumentos.

**Recursos Instrucionais:** Becker, água e objetos de diferentes densidades.

**Avaliação:** Nesta etapa espera-se que o aluno já consiga interpretar o conceito de densidade. Pretende-se que os alunos, ao escrever os textos, justificando o experimento, utilizem termos científicos, ou seja, que os alunos utilizem a linguagem científica, o que não está previsto nas etapas anteriores.

### 3.5. Etapa 04 – Recursos Tecnológicos

**Situação-Problema 01:** Até agora estudou-se com ênfase o conceito de densidade, porém nos textos sobre o Mar Morto falou-se do conceito de empuxo. Vamos lembrar esse conceito? Você já conseguiu flutuar em uma piscina, rio ou riacho sem se movimentar, apenas ficando parado? Como isso é possível?

**Situação-Problema 02:** Sem a ajuda do professor, você consegue definir como medir o empuxo? Quantas formas diferentes são possíveis medir?

**Conteúdo Físico:** massa, volume, densidade, aceleração gravitacional, peso real, peso aparente e empuxo.

**Objetivo:** Reforçar os conceitos de massa, volume, densidade e empuxo. Compreender, através da observação, a relação entre empuxo e a diferença entre peso real e aparente ( $E = P_R - P_{AP}$ ) e perceber que o empuxo está ligado ao peso do líquido deslocado ( $E = P_{LD}$ ) e proporcionar através da experiência que o empuxo depende da densidade e do volume do líquido deslocado ( $E = d \cdot V_{LD} \cdot g$ ). Oportunizar que os alunos, através das atividades solicitadas, deduzam matematicamente as três equações trabalhadas no simulador.

**Procedimentos metodológicos:** A aula começará com o professor levando os alunos ao laboratório de informática e em seguida será realizada a apresentação do simulador de empuxo e todas as suas ferramentas. O professor apresentará a situação-problema e pedirá aos alunos que apresentem as soluções que serão discutidas inicialmente em grupo e depois socializadas com a turma. Ao sistematizar essa etapa, e dependendo dos resultados (caso os alunos não consigam deduzir as equações solicitadas) o professor utilizará os argumentos dos alunos para confirmar ou deduzir através dos resultados das atividades as diferentes formas de medir o empuxo.

**Recursos Instrucionais:** Computador com acesso à internet e simulador do PhET ([https://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/buoyancy\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/buoyancy_pt_BR.html)).

**Avaliação:** Nesta etapa espera-se que os alunos consigam interpretar o conceito de empuxo. Deseja-se que os alunos consigam interpretar o empuxo relacionando com o peso real e aparente; com a densidade e volume do líquido

deslocado; e com o peso do líquido deslocado. Durante a apresentação dos resultados da situação-problema 02, não se julga obrigatória a dedução das equações para medir o empuxo, que independente da forma escolhida pelo professor para fazer a medida, o mais importante é que os alunos compreendam que ao alterar qualquer uma das variáveis estudadas também será alterado o valor do empuxo, ou seja, espera-se que os alunos compreendam conceitualmente todas as relações que envolvem as três equações para medir o empuxo.

### 3.6. Etapa 05 – Problema Aberto

**Situação-Problema:** Estudamos várias formas de medir o empuxo através de um simulador, agora vamos realizar essas medidas experimentalmente? No laboratório de Física estão disponíveis vários kits, realize as medidas da massa, volume do objeto e do líquido deslocado, peso real, peso aparente, peso do líquido deslocado e densidade do líquido. Após realizar essas medidas efetue a medição do empuxo. (Obs:  $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ )

**Conteúdo Físico:** massa, volume, aceleração gravitacional, peso, densidade e empuxo

**Objetivo:** Reforçar o conceito de empuxo estudado na etapa anterior e permitir ao aluno a experiência de realizar atividades experimentais. Evidenciar as equações do empuxo não apenas como uma fórmula matemática e sim como um fenômeno da natureza.

**Procedimentos metodológicos:** A aula começará retomando os conceitos estudados na atividade anterior e em seguida o professor apresentará os kits que compõem a atividade. Em seguida, o professor apresentará o desafio da situação-problema que será realizado por todas as equipes. Ao finalizar as medições os alunos terão que discutir o resultado encontrado com seus companheiros de grupo e depois com toda a turma. O professor perguntará de quantas formas diferentes os alunos calcularam o empuxo para poder sistematizar o conhecimento desta etapa e concluir a ideia de como medir o empuxo de forma experimental e teórica. Ao sistematizar esta etapa o professor

fará um breve conceito reafirmando a relação do empuxo com a aceleração gravitacional para caracterizar o empuxo como uma força.

**Recursos Instrucionais:** Becker, balança de precisão, cilindro de plástico, dinamômetro, tripé e água.

**Avaliação:** Nesta etapa espera-se que os alunos consigam interpretar o conceito de empuxo. Pretende-se que os alunos, ao escrever os textos, desenhos e esquemas, para resolver o desafio da situação-problema, utilizem de forma espontânea as equações definidas nas etapas anteriores com a devida compreensão necessária. Espera-se que todos os grupos consigam medir experimentalmente, através das três opções de solução, o empuxo e que façam algum comentário em forma de discussão e/ou texto sobre os valores encontrados.

### 3.7. Etapa 06 – Laboratório Aberto

**Situação-Problema:** Você já assistiu filmes onde um cientista conseguia criar ou provar alguma teoria científica? Você tem vontade de ser um cientista? Saber como comprovar alguma teoria? Nesta etapa, vocês terão a chance de investigar e encontrar uma constante da física que é fundamental para todas as subáreas da Física, a Aceleração Gravitacional. Com base em todas as etapas anteriores, determine experimentalmente o valor da aceleração gravitacional.

**Conteúdo Físico:** massa, volume, aceleração gravitacional, peso, densidade e empuxo

**Objetivo:** Reforçar todos os conceitos estudados nas etapas anteriores e estimular o aluno a vivenciar a experimentação como atividade de ensino.

**Procedimentos metodológicos:** A aula começará retomando o que foi apresentado na etapa anterior e em seguida o professor apresentará o desafio em forma de situação-problema que em grupo de alunos será resolvido. Os equipamentos necessários para a resolução da atividade são os mesmos utilizados na etapa anterior, porém algumas peças que talvez seja necessário utilizar estarão dispostos em uma caixa separada que estará disponível aos alunos. Após finalizar as atividades o professor perguntará a cada grupo se

conseguiu vencer o desafio, e caso algum grupo não tenha conseguido, o professor poderá realizar uma discussão com o grupo, e orientar com o intuito de que os alunos consigam resolver o desafio. Ao terminar o tempo de resolução do desafio, cada grupo mostrará à turma como conseguiu vencê-lo; caso algum grupo não tenha conseguido resolver a atividade, mostrará todos os resultados parciais encontrados e discutirão quais os erros realizados que ocasionaram a não solução da atividade. Caso algum grupo não consiga resolver este desafio durante a aula, será marcado um novo encontro (em contraturno) para a solução da atividade, com o apoio do professor. Para finalizar esta etapa, o professor fará a sistematização do conhecimento sobre a situação-problema para evitar que algum aluno não tenha entendido a solução.

**Recursos Instrucionais:** Becker, balança de precisão, cilindro de plástico, dinamômetro, tripé e água.

**Avaliação:** Nesta etapa espera-se que o aluno consiga interpretar o conceito de empuxo e relacioná-lo com a aceleração gravitacional. Espera-se que os alunos ao escrever os textos, desenhos e/ou esquemas e equações mostrem ao professor que compreenderam como solucionar o desafio. Ao montar o experimento, e realizar as medidas necessárias e efetuar a medição do empuxo, o aluno provará que compreendeu todos os conceitos abordados durante as sete etapas da SEI.

### **3.8. Etapa 07 – Sistematização do Conhecimento**

A última etapa desta SEI, Sistematização do Conhecimento, visa proporcionar uma retomada de todos os conceitos estudados com o objetivo de não deixar nenhum aluno sem compreender o conteúdo trabalhado. Para cumprir esse objetivo, esta etapa foi dividida em dois momentos: i) A sistematização realizada pelos alunos através de uma discussão em sala de aula; e ii) A sistematização realizada pelo professor através de uma aula interativa abordando todos os tópicos estudados nesta Sequência Didática.

Ao finalizar a sistematização do conhecimento, o professor realizará uma última atividade individual: um questionário que abordará os assuntos estudados. As questões selecionadas foram retiradas de provas do Enem, livros

didáticos e textos variados. Espera-se que os alunos consigam responder de forma satisfatória essa lista de exercícios que possui questões com diferentes níveis de dificuldade.

## Apêndice B – Textos sobre o Mar Morto

### Texto 01: Por que o Mar Morto recebe este nome?

Na verdade, o Mar Morto não é propriamente um mar e sim um grande lago com dimensões de 82 quilômetros de comprimento e 18 quilômetros de largura. Fica situado no Oriente Médio e banha a Jordânia, Israel e Cisjordânia. Encontra-se a 392 metros abaixo do nível do Mar Mediterrâneo: é o ponto mais baixo do planeta Terra.

Analisando a localização do Mar Morto não fica difícil perceber por que suas águas são tão salgadas. Dois fatores são responsáveis pela alta salinidade:

1. As águas que abastecem o Mar Morto provêm do rio Jordão, que é rico em sais minerais.
2. A região onde está situado é praticamente desértica, com clima subtropical e semiárido, com verões de altas temperaturas, ou seja, muito seco. O calor aumenta a taxa de evaporação nas superfícies aquáticas.

Conclusão: A água rica em sais minerais se evapora e seu teor de sal se concentra.



Mas em relação ao nome Mar Morto, por que foi batizado assim? A resposta está na alta concentração de sal em suas águas. Estima-se que seja 300 gramas de sais para cada litro de água, sendo que a quantidade considerada normal e que se faz presente nos oceanos é de 35 gramas para cada litro de água.

Agora pergunto: como pode haver vida em meio a tanto sal? O desenvolvimento de peixes ou vegetação é praticamente impossível, uma vez que o sal incomoda até banhistas que permanecem por poucos minutos, imagine viver neste local. A situação é tão crítica que, os peixes que chegam pelo rio Jordão, morrem instantaneamente ao entrarem no lago. A denominação Mar Morto traduz a impossibilidade de vida neste local.

A salinidade característica favorece a formação de cristais na superfície. Esse aspecto juntamente com o fato de corpos flutuarem com maior facilidade

em meio salino (mais denso), fazem do Mar Morto um ponto turístico visitados por milhares de curiosos.

Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/por-que-mar-morto-recebe-este-nome.htm>. Acesso em 21 de maio de 2018.

### Texto 02: O Mar Morto e a Alta Densidade

Localizado no Oriente Médio, o Mar Morto recebe esse nome em razão da grande concentração de sal que possui, chegando a ser 10 vezes maior do que nos oceanos. Essa grande quantidade de sal impossibilita a vida de peixes e micro-organismos.

Na realidade, o Mar Morto é um grande lago com uma área de aproximadamente 1.050 km<sup>2</sup>; esse é abastecido pelo rio Jordão.

A grande quantidade de sal faz com que a densidade da água seja muito alta. Essa característica atrai turistas do mundo inteiro, em face do fato de as pessoas flutuarem com muita facilidade. Mas você sabe o que é densidade?

Figura 01: Homem flutuando no mar morto



[https://pt.wikipedia.org/wiki/Mar\\_Morto#/media/File:Dead\\_sea\\_newspaper.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Mar_Morto#/media/File:Dead_sea_newspaper.jpg)

A densidade de um corpo é a razão entre a sua massa e o seu volume.

$$d = \frac{m}{v}$$

A densidade é uma característica própria de cada material, por isso é classificada como sendo uma propriedade específica. Nos sólidos, a densidade geralmente é maior do que nos líquidos, isso ocorre devido ao grau de agitação das moléculas - que nos sólidos é bem menor do que nos líquidos, fazendo com que o distanciamento molecular no primeiro seja menor do que no segundo.

Segundo o teorema de Arquimedes, “um fluido em equilíbrio age sobre um corpo nele imerso, com uma força vertical orientada de baixo para cima, chamada de empuxo, que é aplicada no centro de gravidade do volume de fluido deslocado, cuja intensidade é igual à do peso e do volume de fluido deslocado”.

Adaptado de: CAVALCANTE, Kleber G. "O Mar Morto e a Alta Densidade"; *Brasil Escola*. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-mar-morto-alta-densidade.htm>>. Acesso em 21 de maio de 2018.

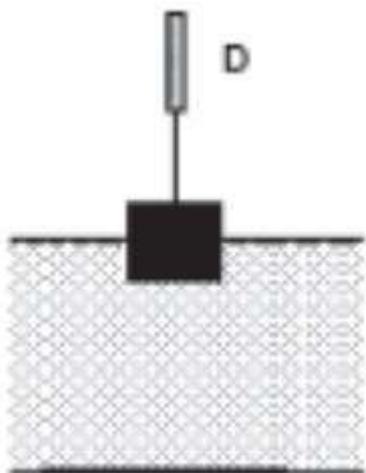
## Apêndice C – Teste proposto aos alunos com questões do ENEM

1. (Enem-2010) Durante uma obra em um clube, um grupo de trabalhadores teve de remover uma escultura de ferro maciço colocada no fundo de uma piscina vazia. Cinco trabalhadores amarraram cordas à escultura e tentaram puxá-la para cima, sem sucesso.

Se a piscina for preenchida com água, ficará mais fácil para os trabalhadores removerem a escultura, pois a

- a) escultura flutuará, desta forma, os homens não precisarão fazer força para remover a escultura do fundo.
- b) escultura ficará como peso menor. Desta forma, a intensidade da força necessária para elevar a escultura será menor.
- c) água exercerá uma força na escultura proporcional a sua massa, e para cima. Esta força se somará à força que os trabalhadores fazem para anular a ação da força peso da escultura.
- d) água exercerá uma força na escultura para baixo, e esta passará a receber uma força ascendente do piso da piscina. Esta força ajudará a anular a ação da força peso na escultura.
- e) água exercerá uma força na escultura proporcional ao seu volume, e para cima. Esta força se somará à força que os trabalhadores fazem, podendo resultar em uma força ascendente maior que o peso da escultura.

2. Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrado: um dinamômetro D com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30 N quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro. Considerando que a aceleração da gravidade local é de  $10 \text{ m/s}^2$ , a densidade da água do lago, em  $\text{g/cm}^3$ , é:



- a) 0,6.                      b) 1,2.                      c) 1,5.  
 d) 2,4.                      e) 4,8.

3. Um consumidor desconfia que a balança do supermercado não está aferindo corretamente a massa dos produtos. Ao chegar a casa resolve conferir se a balança estava descalibrada. Para isso, utiliza um recipiente provido de escala volumétrica, contendo 1,0 litro d'água. Ele coloca uma porção dos legumes que comprou dentro do recipiente e observa que a água atinge a marca de 1,5 litro e também que a porção não ficara totalmente submersa, com  $\frac{1}{3}$  de seu volume fora d'água. Para concluir o teste, o consumidor, com ajuda da internet, verifica que a densidade dos legumes, em questão, é a metade da densidade da água, onde,  $d = 1 \text{ g/cm}^3$ . No supermercado a balança registrou a massa da porção de legumes igual a 0,500kg (meio quilograma). Considerando que o método adotado tenha boa precisão, o consumidor concluiu que a balança estava descalibrada e deveria ter registrado a massa da porção de legumes igual a:

- a) 0,073kg.                      b) 0,167kg.                      c) 0,250kg.  
 d) 0,375kg.                      e) 0,750kg.

4. Marque a alternativa correta a respeito do empuxo.

- a) O empuxo é uma força vertical e descendente, que atua sobre objetos mergulhados exclusivamente em líquidos.

- b) O empuxo é uma força vertical e ascendente, que atua sobre objetos mergulhados em fluidos. Essa grandeza equivale ao peso de fluido deslocado pelo objeto mergulhado.
- c) O empuxo terá o mesmo módulo da força peso.
- d) O empuxo é uma força vertical e ascendente, que atua sobre objetos mergulhados exclusivamente em líquidos. Essa grandeza equivale ao peso de fluido deslocado pelo objeto mergulhado.
- e) Todas as alternativas estão incorretas.
5. Um objeto, de volume  $0,5 \text{ m}^3$ , possui 30% do seu volume mergulhado em um recipiente com água. Sabendo que a densidade no local é de  $9,8 \text{ m/s}^2$  e que a densidade da água é de  $1000 \text{ kg/m}^3$ , determine o empuxo sobre o objeto.
- a) 1000 N                      b) 4700 N                      c) 2700 N
- d) 1550 N                      e) 1470 N
6. Um objeto sólido é colocado em um recipiente que contém um líquido. O objeto fica parcialmente submerso, em repouso. A seguir, são feitas três afirmações sobre o módulo da força de empuxo sobre o objeto.
- I - É proporcional à densidade do líquido.
- II - É proporcional ao volume total do objeto.
- III- É proporcional à densidade do objeto.
- Quais estão corretas?
- a) Apenas I.                      b) Apenas II.                      c) Apenas III.
- d) Apenas I e III.                      e) Apenas I, II e III.



a) Sim

b) Não

c) Não consigo opinar

8. O que você mais gostou das aulas? A leitura? As demonstrações, Experimento ou previsão? Qual das práticas você achou mais interessante?

---

---

---

---

---

---