



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

**O PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO
INVESTIGATIVA E O DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS RELACIONADOS À
HIDROSTÁTICA NO ENSINO MÉDIO**

GIOVANE PEREIRA RODES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Espírito Santo, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Prof.^a Dr.^a Mirian do Amaral Jonis Silva

**VITÓRIA
DEZEMBRO, 2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

**O PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO
INVESTIGATIVA E O DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS RELACIONADOS À
HIDROSTÁTICA NO ENSINO MÉDIO**

GIOVANE PEREIRA RODES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Espírito Santo, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Prof.^a Dr.^a Mirian do Amaral Jonis Silva

**VITÓRIA - ES
DEZEMBRO, 2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)
Bibliotecária: Maria Aparecida da Costa Pereira Akabassi– CRB-6/ES-43

Rodes, Giovane Pereira, 1984-
R688p O processo de implementação de uma sequência de ensino
investigativa e o desenvolvimento de relacionados à hidrostática
no ensino médio / Giovane Pereira Rodes. – 2017.
129 f. : il.

Orientador: Mirian do Amaral Jonis Silva.
Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal do
Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Ciência - Estudo e ensino -
Investigação. 3. Professores de ciência - Formação. 4.
Hidrostática. I. Silva, Mirian do Amaral Jonis. II. Universidade
Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**


"O processo de implementação de uma Sequência de Ensino Investigativa e o desenvolvimento de conceitos relacionados à Hidrostática no Ensino Médio "

Giovane Pereira Rodes

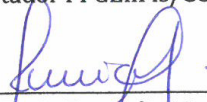
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 14 de dezembro de 2017.

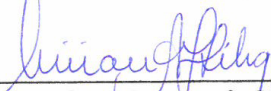
Comissão Examinadora



Prof^ª. Dr^ª. Mirian do Amaral Jonis Silva
(Orientador PPGEnFis/CCE/UFES)



Prof^ª. Dr^ª. Junia Freguglia Machado Garcia
(Membro Interno - PPGMPE/CE/UFES)



P/ Prof^ª. Dr^ª. Eliane Ferreira de Sá
(Membro Externo - PROMESTRE/UFMG)

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha esposa, Sheila Silva Rodrigues, pelo apoio incondicional e constante incentivo em todos os momentos deste estudo. Por sua paciência comigo dando o suporte necessário, entendendo minhas angústias e me incentivando através de palavras, atitudes ou orações. A essa mulher tão especial em minha vida. O meu muito OBRIGADO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela saúde, sabedoria e todas as bênçãos concedidas a minha família.

Agradeço aos meus Pais, José Ervani Rodes e Leni Pereira Rodes, por toda uma vida de dedicação, sempre mostrando que o melhor caminho é o da EDUCAÇÃO.

Agradeço, à minha Orientadora Professora Dra. Mirian do Amaral Jonis Silva, por quem passei a ter uma enorme admiração e respeito. Por toda a sua dedicação e contribuição para minha formação acadêmica e profissional. Por sua paciência, calma e tranquilidade, muito importantes nesses últimos meses. OBRIGADO.

Aos professores do PPGEnFis, que tanto contribuíram para minha formação, em especial ao Professor Dr Geide Rosa Coelho, pela paciência, confiança e orientação que tanto fez diferença em minha jornada acadêmica.

Aos meus adoráveis alunos, que participaram com todo compromisso e dedicação deste processo de crescimento intelectual e profissional.

A todas as amizades realizadas ao longo desses vinte e quatro meses de estudo e farrá nos encontros de pesquisa e ensino que participamos ao longo do ano de 2017.

"Ensinar exige respeito aos saberes dos educandos... Não há saber mais, nem saber menos, há saberes diferentes".

Paulo Freire

RESUMO

O PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA E O DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS RELACIONADOS À HIDROSTÁTICA NO ENSINO MÉDIO

GIOVANE PEREIRA RODES

Orientadora:

Dra. Mirian do Amaral Jonis Silva

Neste trabalho de pesquisa apresentamos uma proposta para o ensino de Hidrostática, especificamente o Teorema de Stevin, sob a luz dos pressupostos teóricos e metodológicos do ensino de ciências por investigação, desenvolvida durante o segundo semestre do ano de 2016, em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio Integrado ao curso de informática, com um total de 38 alunos, em uma Escola Estadual, localizada em Serra, Espírito Santo (ES). O presente estudo, de natureza qualitativa, consiste numa pesquisa de intervenção, em que desenvolvemos e implementamos uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), focalizando a contribuição do Ensino por Investigação para a construção de conceitos físicos relacionados à Hidrostática e algumas de suas possíveis aplicações tecnológicas. A sequência foi composta por duas etapas. Na etapa de problematização propusemos um problema aberto envolvendo possíveis meios de captação e o reaproveitamento da água da chuva na escola. Na etapa seguinte, de aprofundamento do conteúdo, realizamos uma demonstração investigativa, a partir da qual foram sistematizados os conhecimentos relativos mais especificamente ao Teorema de Stevin. Para produzir os dados, realizamos filmagens das aulas, gravações em áudio, produções textuais dos alunos e diário de campo do professor/pesquisador. Esses dados foram produzidos durante a realização das atividades pelos estudantes ao longo da SEI. Com os dados produzidos buscamos analisar o envolvimento dos estudantes na solução do problema, o processo de levantamento de hipóteses e os indícios da ocorrência de desenvolvimento conceitual, atitudinal e procedimental. Os resultados apontaram elementos que indicam que o Ensino por Investigação potencializou o ensino de Física, de modo que os estudantes, começam a perceber a Física, como Ciência e não mais, como uma disciplina que se resume à aplicação de fórmulas. O processo de elaboração e implementação da SEI proporcionou momentos de reflexão e ressignificação das práticas docentes. As conclusões da pesquisa reafirmam as contribuições do ensino por Investigação para a construção de conceitos físicos já apontadas pela literatura, ressaltando o caráter formativo da investigação, não apenas na educação científica, mas sobretudo no aprimoramento profissional docente.

Palavras-chave: Ensino de Física, Ensino de Ciências por Investigação, Hidrostática, Sequência de Ensino Investigativa.

**VITÓRIA – ES
DEZEMBRO-2017**

ABSTRACT

THE PROCESS OF IMPLEMENTATION OF A SEQUENCE OF INVESTIGATIVE TEACHING AND THE DEVELOPMENT OF CONCEPTS RELATED TO HYDROSTATICS IN MIDDLE SCHOOL

GIOVANE PEREIRA RODES

Supervisor:

Dra. Mirian do Amaral Jonis Silva

In this present work presentation the proposal the teaching Hydrostatic, specifically The Stevin's Theorem, theoretical and methodological assumptions of science teaching by research, developed during the second semester of 2016, in a first-year high school class integrated to the computer course, with a total of 38 students, in a public school, located in Serra Espírito Santo (ES). The present qualitative study consists in a intervention research, which we developed and implemented a Sequence of Investigative Teaching (SEI), turned to the contribution of Teaching by Research to the construction of physical concepts related to Hydrostatics and some possible applications technological. The sequence has two steps. In the first stage, problematization, we have proposed a problem involving possible ways of collecting and reusing rainwater at school. In the next stage, deepening of the content, we performed an investigative demonstration, from which the knowledge about Stevin's Theorem was systematized. In order to produce the data, we made filming lessons, audio recordings, textual productions for the students and the field journal a researcher teacher. These data were produced during activities done by students throughout SEI. With the data produced, we analyze the students' involvement in solving the problem, the process of hypothesis collection and the evidence the occurrence of conceptual, attitudinal and procedural development. The results pointed out elements that indicate the Teaching by Research has potentiated the teaching of Physics, so that the students, begin to perceive Physics, as Science and not more, as a discipline that comes down to the application formulas. The process of elaboration and implementation the SEI provided reflection moments and resignification the teaching practices. The research reaffirms the contributions the research teaching to the construction physical concepts already pointed out in the literature, emphasize the formative nature of research, not only in scientific education, but especially in the professional improvement of the teachers.

Keywords: Teaching Physics, Teaching Science by Research, Hydrostatic, Research Teaching Sequence.

**VITÓRIA - ES
DEZEMBRO, 2017**

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Densidades de alguns fluidos comuns adaptado de Sampaio e Calçada (2005).....	47
TABELA 2 – Níveis de investigação no laboratório de ciências (TAMIR, 1991 apud BORGES, 2002).....	72

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Matriz de conhecimentos sobre mecânica dos fluidos, adaptado de Currículo Base da Rede Estadual – ES (2017)	46
QUADRO 2 – Síntese das etapas que compõem a SEI.....	57
QUADRO 3 – Síntese das atividades investigativas e dos instrumentos de registro dos dados.	61
QUADRO 4 – Síntese dos instrumentos e formas para coleta de dados para análise da etapa aprofundamento de conteúdo.....	64
QUADRO 5 – Episódio 1 – Fragmentos das falas do professor e dos grupos de estudantes após apresentação dos vídeos.	70
QUADRO 6 – Episódio 2: Momento de socialização das hipóteses dos estudantes para a solução do problema proposto.	76
QUADRO 7 – Construção da maquete pelos grupos.	84
QUADRO 8 – Episódio 3 – Fragmentos das falas do professor e dos grupos de estudantes.....	88
QUADRO 9 – Transcrição das hipóteses dos alunos para o problema proposto antes da demonstração investigativa.	91
QUADRO 10 – Ideias identificadas nas hipóteses dos alunos.....	93
QUADRO 11 – Categorias de análise das respostas dos alunos.....	97
QUADRO 12 – Enunciados que mostram um baixo nível de generalização e integração conceitual.	98
QUADRO 13 – Respostas dos alunos com um nível intermediário de generalização e integração conceitual, para a primeira questão.....	101
QUADRO 14 – Respostas dos alunos com alto nível de generalização e integração conceitual, para a primeira questão.	103

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Distribuição das forças sobre uma superfície de área A.....	48
FIGURA 2 – Esboço da experiência realizado por Torricelli (1608-1647) em 1643	50
FIGURA 3 – Vasos comunicantes, de formas e larguras diferentes, contendo fluidos iguais e estando no mesmo nível em todos os lados	51
FIGURA 4 – Esboço de algumas situações cotidianas em que se aplica o princípio dos vasos comunicantes.	52
FIGURA 5 – Procedimentos e atitudes empreendidos na etapa de problematização inicial, produzido por Souza (2014, p. 89), adaptado de POZO; GÓMEZ CRESPO (2009).....	68
FIGURA 6 – Maquete construída pelos alunos integrantes do grupo 01.	85
FIGURA 7 – Maquete construída pelos alunos integrantes do grupo 02.	85
FIGURA 8 – Maquete construída pelos alunos integrantes do grupo 03.	86

LISTA DE SIGLAS

BR – Brasil

CNS - Conselho Nacional de Saúde

EEEFM – Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciência

EnECI – Encontro de Ensino de Ciências por Investigação

ES – Espírito Santo

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

PCN+- Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

SEI – Sequência de Ensino Investigativa

SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	21
1.2 OBJETIVOS DE PESQUISA	23
1.3.1 Objetivo Geral.....	23
1.3.2 Objetivos Específicos.....	23
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	24
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	26
2.2 BASES TEÓRICAS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	30
2.3 CARACTERÍSTICAS DAS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS	33
2.3.1 Potencialidades das SEI's no ensino e aprendizado	34
2.3.2 Etapas de uma sequência de ensino investigativa	38
2.3.3 Os conteúdos atitudinais e procedimentais no ensino de ciências	42
2.4 ENQUADRAMENTO TEÓRICO DO CONTEÚDO ENSINADO: O CONCEITO DE HIDROSTÁTICA NO ENSINO MÉDIO	45
2.4.1 Densidade e Pressão	46
2.4.2 O Teorema de Stevin	50
3. METODOLOGIA	53
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DE PESQUISA	53
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS DA PESQUISA	54
3.3 PRESSUPOSTOS ÉTICOS DA PESQUISA	55
3.4 A INTERVENÇÃO EM SALA DE AULA: EVENTOS PARA PRODUÇÃO E COLETA DE DADOS	56
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	65
4.1 ETAPA DE PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	66
4.1.1 Proposição do problema.....	69
4.1.2 Levantamento de hipóteses	74

4.1.3 Testando as hipóteses e encontrando possíveis soluções para o problema	79
4.2 ETAPA DE APROFUNDAMENTO DO CONTEÚDO.....	87
4.2.1 Sistematização do conhecimento	87
4.3 O PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA E O REPENSAR DA PRÁTICA DOCENTE	104
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
6. REFERÊNCIAS.....	112
7. APÊNDICES	117
7.1. Apêndice I – Produto Educacional	117
7.2. Apêndice II – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	128

1. INTRODUÇÃO

O final do mês agosto do ano de 2005 constitui o marco no início de minha jornada como docente na Rede Estadual de Ensino do Estado do Espírito Santo. Neste período, ainda como graduando do curso de Licenciatura em Física, pela Universidade Federal do Espírito Santo, minhas preocupações eram focalizadas em cuidar para não ficar reprovado nas disciplinas, tendo minha prática docente limitada apenas à transmissão de conteúdo, sem nenhuma vivência de pesquisa e com uma reflexão sobre esta prática ainda muito incipiente.

A partir do ano de 2008, durante as disciplinas de Instrumentação para o Ensino da Física I, Instrumentação para o Ensino da Física II, Estágio Supervisionado I e Estágio Supervisionado II, um pouco mais amadurecido, comecei a ficar insatisfeito com o meu desempenho como professor, e principalmente com o pouco aprendizado que meus alunos na época atingiam. Nestas disciplinas pude refletir sobre a necessidade de ir além das aulas expositivas, inserindo atividades experimentais em minha prática docente, o que, naquele momento, acreditei ter melhorado bastante as minhas aulas.

Para Borges (2002) é consenso entre os professores que as atividades práticas tendem a melhorar as aulas de ciências proporcionando um melhor entendimento a cerca dessa área do currículo.

Os professores de ciências, tanto no ensino fundamental como no médio, em geral acreditam que a melhoria do ensino passa pela introdução de aulas práticas no currículo. (BORGES, 2002, p. 11)

Nesta perspectiva de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Física, por meio de atividades experimentais, nos últimos anos, mesmo trabalhando em escolas que não possuem ambiente de laboratório para desenvolver essas atividades, procurei sempre que possível, ministrar minhas aulas expositivas, utilizando experimentos, principalmente os de baixo custo, ou seja, aqueles que os próprios alunos poderiam reproduzir com ônus financeiro mínimo para eles.

Por diversas vezes, consegui como resultado positivo das atividades experimentais, tornar minhas aulas um pouco menos cansativas para os alunos, e percebia um forte indício de motivação por parte deles em relação aos experimentos. Porém, o aprendizado constatado nas avaliações da maioria dos alunos ainda não era satisfatório para mim. Percebia que por melhor que fosse a atividade experimental, os objetivos de aprendizagem traçados não eram totalmente atingidos, o que me desmotivava bastante, ao ponto de diminuir drasticamente a quantidade de atividades experimentais em sala de aula. Borges (2002) comenta acerca de situações semelhantes, nas quais muitos professores se dispõem a improvisar aulas práticas com material caseiro, mas se cansam ao observarem o pouco resultado alcançado.

Uma reflexão importante sobre o fato do pouco rendimento dos experimentos realizados por mim naquele momento, é uso do “laboratório tradicional”. Para Borges (2002, p. 13), nessa metodologia de trabalho

Em geral, os alunos trabalham em pequenos grupos e seguem as instruções de um roteiro. O objetivo da atividade prática pode ser o de testar uma lei científica, ilustrar ideias e conceitos aprendidos nas ‘aulas teóricas’, descobrir ou formular uma lei acerca de um fenômeno específico, ‘ver na prática’ o que acontece na teoria, ou aprender a utilizar algum instrumento ou técnica de laboratório específica”. (BORGES, 2002, p. 13)

Nesta etapa de minha carreira docente passei a refletir mais sobre minha prática. Estava insatisfeito em ministrar aulas exclusivamente expositivas com solução de exercícios, e, por vezes, realizar atividades experimentais, também tradicionais, com roteiros prontos para que os alunos pudessem seguir, isto é, fazer anotações, registrar dados, determinar um número como resultado e me entregar para que eu pudesse fazer a correção. Esse ciclo interminável de ações mecânicas me levou a concluir que era preciso pesquisar a minha própria prática conforme o entendimento de Nóvoa (2001). Era preciso continuar estudando, ou seja, era preciso continuar a minha formação.

Nesta perspectiva de formação continuada, busquei o Mestrado Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no segundo semestre do ano de 2015. O ingresso neste programa me possibilitou conhecer diversos referenciais teóricos, dentre os quais destaca-se o Ensino de Ciências por Investigação.

O contato com o Ensino por Investigação me fez perceber o quanto é importante ser mediador do processo educativo, promovendo discussões em sala de aula, estimulando os alunos a serem mais participativos na construção do conhecimento, sempre partindo de uma problematização de algum conceito, de preferência com certo grau de abertura (SÁ, LIMA E AGUIAR JR 2011), potencializando o debate entre os alunos em pequenos grupos e entre a sala inteira, promovendo a construção de hipóteses (AZEVEDO 2004), estimulando a argumentação em sala de aula (SASSERON e CARVALHO, 2011).

Através da pesquisa em ensino de Física, tomando por base os pressupostos teóricos e metodológicos do Ensino de Ciências por Investigação, elaboramos e aplicamos uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) (CARVALHO 2013), em turmas da primeira série do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada no município de Serra, ES, a fim de proporcionar situações em que pudessem ser construídos conceitos relacionados a Hidrostática e, especificamente para este trabalho de pesquisa, o Teorema de Stevin.

Esta nova concepção de ensino ampliava a percepção do papel social da Ciência na sociedade, dando um novo sentido à educação científica em geral, e ao ensino de Física, em particular.

Na história da Ciência vemos que muitos avanços tecnológicos decorrem de conhecimentos científicos produzidos em resposta às demandas da sociedade em dado contexto histórico.

A eletrônica contemporânea, presente aproximadamente em todas as atividades realizadas pela sociedade é derivada da descoberta do transistor. As telecomunicações por fibra óptica estão relacionadas ao invento do laser. A ressonância magnética nuclear, a ultrassonografia, a tomografia computadorizada, a tomografia por emissão de pósitrons, que amplamente são utilizados em equipamentos de imagem, procede de trabalhos de pesquisa nos campos da física de partículas e física nuclear, aliado à medicina nuclear e outras áreas afins.

A quimioterapia e a cirurgia a laser, que em muito facilitaram o tratamento de doenças graves, se desenvolveram também graças ao advento da física nuclear. O armazenamento digital só foi possível devido ao crescimento em larga escala da abrangência das propriedades magnéticas da matéria. A nanotecnologia, outro desenvolvimento tecnológico que contribuiu significativamente para o desenvolvimento de equipamentos eletrônicos cada vez menores, só foi possível graças à manipulação molecular.

Tomógrafos, que equipam hoje um grande número de hospitais no Brasil, têm sua origem em detectores de partículas. Aceleradores de partículas, eficientes no tratamento de alguns tipos de tumores sem induzir os contratempos de tradicionais tratamentos por radiação, vêm do estudo das propriedades microscópicas da matéria. Além de diagnóstico médico, tomógrafos, equipamentos de NMR e aceleradores de partículas têm muitas aplicações no setor industrial. A informação digital produzida só em 2002 é equivalente a um livro com cerca de 25 mil páginas de texto para cada ser humano; só foi possível guardá-la graças ao grande avanço na compreensão das propriedades magnéticas da matéria. (FÍSICA PARA O BRASIL, 2005, p. 16).

Nossa sociedade atual necessita, cada vez mais, do entendimento mínimo do conhecimento científico, visto que temas, tais como aquecimento global, uso de águas, clonagem humana, cultivo de produtos transgênicos, dispersão da tecnologia de equipamentos de vigilância, estão a todo o momento sendo divulgados e a população precisa refletir e opinar a esse respeito, não devendo deixar que somente as opiniões de especialistas e políticos sejam decisivas. Dessa maneira, o indivíduo, para exercer sua cidadania, necessita também, ter um mínimo de conhecimento acerca da ciência e acerca das produções que a ciência realiza. Pavão (2006) cita a importância da difusão do conhecimento científico para a formação do cidadão:

Quem detém o conhecimento detém o poder. É preciso alertar para as repercussões sociais do conhecimento científico. Formar cientistas sim, mas o propósito educacional, antes de tudo, deve contemplar a formação de cidadãos, indivíduos aptos a tomar decisões e estabelecer os julgamentos sociais necessários ao século 21 (PAVÃO, 2006, p. 45).

Recorrendo a Carvalho Júnior (2002), percebemos que o autor ressalta o ensino da Física na formação do cidadão ao dizer que:

O ensino de Física não pode se contentar em simplesmente solicitar ao aluno que memorize equações e as utilize em problemas elaborados fora de qualquer contexto. Deve-se lutar por um ensino de Física que seja pautado por discussões amplas, com um constante diálogo com o mundo, com a sociedade e com os atores do processo educativo (CARVALHO JUNIOR, 2002, p. 65).

Apesar do empenho dos professores que buscam novos recursos didáticos, ainda prevalece arraigada na cultura escolar a visão de que a Física é uma disciplina de difícil compreensão e sem relevância, visto que ela quase sempre é ensinada com o propósito de assegurar aos alunos êxito no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), com vistas ao ingresso no ensino superior.

O ensino de Física deve contribuir muito mais para que os alunos obtenham, não apenas êxito nos exames ao longo de sua trajetória escolar, mas, sobretudo, percebam a finalidade social do estudo da Física para observar fenômenos, interpretar e sistematizar problemas práticos, organizar ideias, tornar-se mais questionador e investigativo e desenvolver habilidades necessárias para realizar procedimentos de observação, medida e registro. Em suma, espera-se que o ensino de Física possibilite ao aluno compreender a relação do homem com a natureza, como agente responsável pelas questões socioambientais, reconhecendo a importância participação coletiva nos processos de tomada de decisão na sociedade. Espera-se também que o ensino de Física contribua para ampliar a visão dos alunos acerca da Ciência e da produção do conhecimento científico, visto como uma produção humana, contextualizada culturalmente.

Kawamura (2003) considera que a Física deve ser ministrada levando-se em conta

Os processos e fenômenos físicos de maior relevância no mundo contemporâneo, além de procurar cobrir diferentes formas de abordagem, privilegiando as características mais essenciais ao saber da Física, permitem um olhar investigativo sobre o mundo real (KAWAMURA, 2003, p. 25).

O ensino da Física no Brasil é algo relativamente novo, sendo efetivamente implementado no currículo no Colégio Pedro II, fundado em 1837, no Rio de Janeiro. Nesse colégio, o ensino era fundado na difusão dos conceitos por meio de aulas ministradas de forma expositiva. Somente a partir da década de 50, devido ao processo de industrialização, a disciplina passou a integrar o currículo das demais instituições de ensino.

Anos mais tarde, a Física receberia consideráveis investimentos, por meio de acordos com governos externos, para aquisição de material para aulas experimentais, uma vez que, nessa época, começava a necessidade de modernização e desenvolvimento, e logo a educação, principalmente a ciência, tornou-se componente essencial para o sucesso dessa corrida ser impetrado. Sobre essa assertiva Gouveia (1992) revela:

Para atingir o nível de desenvolvimento das grandes potências ocidentais, a educação foi considerada como alavanca do progresso. Não bastava olhar a educação como um todo, era preciso dar especial atenção ao aprendizado de Ciências. O conhecimento científico do mundo ocidental foi colocado em cheque e ao mesmo tempo, foi tido como mola mestra do desenvolvimento, pois era capaz de achar os caminhos corretos para lá chegar e também se sanar os possíveis enganos cometidos (GOUVEIA, 1992, p. 72).

Para o autor, a educação é fundamental para o desenvolvimento de uma nação, sendo o conhecimento científico parte essencial para esse propósito. No Brasil, mesmo com todo o investimento de concreto, o ensino de ciências, em especial o da física, não passou por alterações consideráveis porque o ensino se conservou nos modelos tradicionais.

A fim de estabelecer o contraponto entre um ensino de Física transmissivo e mecânico e outras possíveis alternativas apontadas pelas pesquisas em educação e ciências, buscamos novos horizontes de abordagens teóricas e metodológicas, fundamentadas principalmente nas teorias construtivistas, apoiadas nas ideias de Vygotski. A partir desta dimensão de ensino e aprendizagem vigotskiana, o professor precisa se portar mais como um mediador num processo partilhado de ensino e aprendizagem. Levando em consideração o conhecimento que o aluno traz de seu convívio social, o professor precisa dinamizar as interações que ocorrem em sala de aula, entre os alunos e entre o próprio professor e os alunos, permitindo assim que o aluno construa efetivamente seu aprendizado (SASSERON e CARVALHO 2011).

Nesse sentido, entendemos que os pressupostos teóricos e metodológicos do ensino de ciências por investigação representam uma das alternativas relevantes, para orientar novas formas de aprendizagem dos conteúdos da Física, e em nosso projeto de pesquisa optamos por essa vertente teórica e metodológica, a fim de nos orientarmos quanto aos objetivos de pesquisa proposto em nosso trabalho.

1.1 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, especialmente no período de 2015 a 2016, nosso Estado passou, por uma crise hídrica que causou significativos impactos na população em geral, como por exemplo grandes prejuízos na produção agrícola e o racionamento de água nas regiões metropolitanas. Reportagens da época relatavam inúmeros fatores que poderiam ser determinantes para esse problema. Dentre eles, podemos destacar as mudanças climáticas, que afetaram o ciclo das chuvas no Estado, o desmatamento desenfreado, a perda significativa de água durante a distribuição realizada pela empresa responsável pelo abastecimento e o desperdício de água tratada por parte da população que não adota hábitos de consumo sustentável.

A escola campo da pesquisa havia adquirido todo o material na intenção de instalar um sistema de calhas para captar a água proveniente das chuvas. A falta de chuvas tornou ainda mais urgente e necessária a busca por alternativas que possibilitassem o reaproveitamento de água na escola.

Diante deste fato concreto, vislumbramos uma considerável situação-problema, que poderia ser proposta a fim de trabalharmos alguns conceitos físicos relativos aos conteúdos de Hidrostática.

O contexto em que se desenvolveu o nosso trabalho de pesquisa propiciou a implementação de atividades investigativas em turmas do Ensino Médio, partindo de uma situação problema concreta vivida na escola, que naquele momento buscava alternativas para captação e reaproveitamento da água da chuva. A partir dessa problematização, introduzimos os conteúdos relacionados, especificamente o Teorema de Stevin, buscando estabelecer uma clara relação entre os conceitos físicos e suas aplicações tecnológicas, em resposta às demandas da comunidade.

A opção pelo Ensino por Investigação se justifica por sua evolução histórica que demonstra um avanço em relação às concepções mais tradicionais de ensino de Física em virtude de suas bases teóricas construtivistas que privilegiam a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, seus princípios teórico-metodológicos que ressaltam o papel mediador do professor, a ênfase na problematização dos conteúdos que caracteriza uma sequência de ensino investigativa.

Inspirado na perspectiva do ensino por investigação, o presente trabalho resulta do seguinte problema de pesquisa: Que posturas didático-pedagógicas são necessárias para a implementação do Ensino por Investigação em sala de aula e que contribuições essa vertente pode proporcionar para a aprendizagem de conceitos físicos?

É consensual entre os professores que um ensino mais contextualizado, com atividades mais instigantes e motivadoras, contribui efetivamente para potencializar a aprendizagem de conceitos físicos pelos alunos e sua aplicação em situações reais observadas no próprio ambiente escolar. Contudo, nem sempre esse ensino inovador que se tem em vista chega a ser concretizado pelos professores, pois estes vivenciam certas dificuldades na implementação dessas novas abordagens metodológicas que os levam a retomar a prática tradicional. Nossa hipótese é que o Ensino de Ciências por Investigação proporciona aportes teóricos e metodológicos que podem subsidiar a adoção de uma postura didático-pedagógica que vise a superação do ensino mecanicista e, partindo desse pressuposto, esperamos que a descrição e análise de uma experiência concreta de intervenção por meio de uma Sequência de Ensino Investigativa contribua para que outros professores sintam-se encorajados a experimentar abordagens de ensino mais desafiadoras.

1.2 OBJETIVOS DE PESQUISA

1.2.1 Objetivo Geral

Descrever o processo de implementação de uma sequência de ensino investigativa, focalizando as potencialidades e contribuições dessa vertente teórico-metodológica para a formação de conceitos físicos relacionados à Hidrostática.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Enfatizar a importância de um ensino de Física contextualizado, que contribua para a percepção, por parte dos estudantes, do papel social da ciência e das suas aplicações tecnológicas.
- ✓ Caracterizar a sequência de ensino investigativo, destacando as etapas do seu processo de implementação em sala de aula;
- ✓ Identificar indícios do desenvolvimento de conceitos relacionados à pressão dos fluidos estáticos, que dizem respeito ao Teorema de Stevin, bem como conteúdos procedimentais e atitudinais inerentes à educação em ciências.

- ✓ Destacar a dimensão formativa da elaboração e implementação da sequência de ensino investigativo, enquanto processo indutor da reflexão e ressignificação da prática docente.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

No processo de elaboração de nosso trabalho de pesquisa organizamos nossa dissertação em cinco capítulos, sendo eles elencados na seguinte ordem. No primeiro capítulo que compõe nosso trabalho, está disposta a introdução em que faço um breve relato de toda minha trajetória como docente até ingressar no Mestrado Profissional em Ensino de Física e justifico o problema de pesquisa que emergiu após inúmeras discussões e reflexões, bem como os objetivos que nortearam todo o percurso todo o nosso trabalho de pesquisa.

No segundo capítulo buscamos apresentar os aportes teóricos necessários para o desenvolvimento da pesquisa. Início discorrendo sobre como o ensino por investigação evolui historicamente até os dias atuais. Nesse contexto, apresento também, quais são as bases teóricas que subsidiam o ensino por investigação, enfatizando a sua matriz vigotskiana. Ainda nesse capítulo discorreremos sobre as características de uma sequência de ensino investigativa, suas potencialidades e contribuições para o processo de ensino e aprendizagem da Física e definimos suas etapas, descrevendo como elas devem ser organizadas e implementadas segundo literatura, tendo em vista a abordagem dos conteúdos de Hidrostática no Ensino Médio de forma muito mais contextualizada.

No terceiro capítulo descrevemos o percurso metodológico do trabalho, caracterizando a unidade de análise da pesquisa. É também descrita toda a estrutura da escola, bem como sua localização geográfica e o perfil dos sujeitos participantes da pesquisa. Por fim, fechando nosso percurso metodológico mencionaremos os instrumentos e métodos de produção e análise de dados.

No capítulo 4 são apresentados os resultados das análises dos dados produzidos no estudo realizado, a partir da implementação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI). Dialogando com a literatura, buscamos avaliar como ocorreu o processo de implementação da SEI, particionando - a em três etapas: problematização inicial, aprofundamento de conteúdo e avaliação.

Finalmente, no capítulo 5, trazemos as considerações finais da pesquisa discorrendo sobre as principais dificuldades encontradas na implementação de uma SEI, sugerindo caminhos e reflexões sobre as Sequências de Ensino Investigativas, destacando que os resultados apontam bons indícios de que o Ensino de Ciências por Investigação pode ser um recurso teórico e metodológico facilitador do processo de ensino e aprendizagem de conceitos físicos na Educação Básica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os subsídios teóricos necessários para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa. Ele foi dividido em cinco tópicos: a evolução histórica do modelo de ensino por investigação, as bases teóricas que o subsidiam, características das sequências de ensino investigativas, contribuições do ensino por investigação para o ensino de Física e o enquadramento teórico do conteúdo ensinado: o conceito de hidrostática no ensino médio.

2.1 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O conceito literal de ciência pode ser associado a conhecimento, todavia, de maneira mais simples é possível definir como um conjunto de conhecimentos sistemáticos e racionais, com o intuito de trazer explicações para diversos fenômenos sociais e naturais, inclusive espirituais, com a aplicação de uma determinada metodologia. Mediante essa aplicação, é possível entender e atuar sobre a realidade, antever acontecimentos e trazer melhorias para os seres e o seu entorno.

Mangini (2010) traz que o conceito etimológico de ciência vem do latim *scientian e*, como dito, está relacionado ao conhecimento, contudo, é fato que a ciência já era praticada antes que os romanos usassem o termo. Pode-se dizer que já na pré-história havia um trabalho “científico”, levando em conta que os povos primitivos tinham a necessidade de investigar e buscar soluções para superar os obstáculos e conseguir sobreviver às situações de seu cotidiano.

Com os gregos, a ciência avança, inclusive com a sistematização de princípios e discussões teóricas. Esse é um momento de grande desenvolvimento da ciência que se abria para novas descobertas.

Não se pode esquecer a influência que os árabes tiveram para o desenvolvimento do conhecimento, visto que, ao dominar a Espanha, criam escolas e universidades, ações fundamentais para o ocidente difundir o conhecimento.

No século XIX, a Europa passa do meio rural ao industrial urbano e a matemática e as ciências permitem a criação de diversos tipos de máquinas que irão propiciar o desenvolvimento da indústria. Esses descobrimentos estão associados ao método científico, bem como a instituições formais de aprendizagem como as universidades.

Esse desenvolvimento que a ciência teve foi muito relevante, contudo, nada se compara ao desenvolvimento que teve no século XIX. São vários os autores que abordam esse desenvolvimento do ensino de ciências no XIX, dentre eles Zômpero e Laburú. Os referidos autores mencionam que vários aspectos sobre ensino de Ciências foram apontados e com certo grau de relevância na Europa e Estados Unidos, com influência direta do filósofo John Dewey em meados do século XIX. Ainda para os referidos autores, as ideias desse filósofo para a educação científica nasceram nos Estados Unidos, com o propósito de criticar “a pedagogia tradicional defendida por Herbart, filósofo e pedagogo, que viveu no século XIX”.

A ideia central da Pedagogia Progressista apresentada por Dewey é a experiência vivenciada pelos alunos em seu cotidiano. Dewey considerava que a experiência e a aprendizagem não poderiam ser separadas; dessa maneira, quando ocorre o aprendizado, a experiência é reorganizada na vida do estudante, suscitando uma melhora na qualidade da experiência e promovendo novas aprendizagens.

Observa-se que em meados do Século XIX, o ensino de Ciências passava por momentos de discussão e muitas ideias eram apresentadas. A perspectiva de educação científica por meio da investigação foi proposta pelo filósofo Dewey, ao publicar seu livro *Logic: The Theory of Inquiry*, em 1938, movido pelo problema de ensino voltado para ênfase em fatos e “sem estimular o raciocínio e as habilidades mentais” (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011, p.71). Nesse estudo, os alunos deveriam

assumir o papel de protagonistas em sua aprendizagem e propor o problema a ser investigado.

Na década depois de 1950, argumentava-se que o ensino de Ciências, por estar demasiadamente centrado no aluno, havia perdido o seu rigor acadêmico e, portanto, a preocupação agora era com uma educação que formasse cientistas, com a justificativa da segurança nacional. Dessa forma, as habilidades a serem desenvolvidas nos alunos com a perspectiva da investigação era que eles entendessem os processos da Ciência (DEBOER, 2006 *apud* ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

Josef Schwab, o principal pensador que organizou a reforma curricular nos Estados Unidos nesta época, afirmava que “os alunos deveriam aprender como os cientistas chegam às conclusões, e não terem tais conclusões prontas dadas pelo professor”. (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011, p.72). Portanto, agora o que importava na investigação era desenvolver habilidades individuais como: observar; classificar; inferir e controlar variáveis.

Os trabalhos publicados pelo biólogo e educador Josef Schwab, na década de 1960, constituem um marco no ensino de Ciências por investigação, quando ele propõe que os currículos de ciências deveriam exprimir aspectos dos procedimentos e processos que os cientistas adotam para se chegar aos conhecimentos científicos.

Esse modelo de educação científica por descoberta, na perspectiva de formar cientistas, recebeu inúmeras críticas, o que ocasionou, no final dos anos 1970, a utilização das ideias construtivistas no ensino de Ciências (DEBOER, *apud* ZÔMPERO e LABURÚ, 2011). Essa proposta de ensino visava conhecer as ideias que os estudantes apresentavam sobre os fenômenos a serem estudados, denominadas de Concepções alternativas, para depois fazer que os estudantes mudassem suas concepções, se aproximando do conhecimento científico.

Ainda em 1970, o ensino de Ciências retoma a ideia de desenvolver, nos alunos, aspectos sociais relacionados com o desenvolvimento tecnológico, ou seja, tinha o entendimento de que o importante era criar uma educação científica em que os alunos fossem preparados para o avanço tecnológico. Para os autores, a crítica a esse processo teve início na Grã-Bretanha, devido aos problemas com o meio ambiente. Portanto, a investigação em sala de aula tinha o propósito de abordar “problemas sociais como o aquecimento global, a poluição, dentre outros”. (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011, p.72).

Nos Estados Unidos, no final da década de 1980, a concepção de que o ensino de Ciências deveria ter um caráter de investigação científica ganhou força com a elaboração de um documento intitulado *Science For All Americans*, dessa forma, ao ensinar Ciências, deveria-se desenvolver habilidades que permitissem os alunos “observar, anotar, manipular, descrever, fazer perguntas e tentar encontrar respostas para as perguntas” (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011, p.72). Com isso, o método de investigação, apresentava-se muito próximo ao método científico, e sua característica principal proposta pelo filósofo e pedagogo Dewey, de que o aluno deve ser protagonista de sua aprendizagem estava abandonada. Somente em 1996, o ensino por investigação passou novamente a ser importante, quando outro documento intitulado *National Science Education Standards* foi publicado.

É possível perceber que o ensino por investigação foi bem estabelecido nos países da Europa e, principalmente, nos Estados Unidos, sofrendo, ao longo do século XIX, várias transformações, devido às frequentes transformações sócio-políticas que a humanidade experimentou naquele período. Apesar disso, o ensino de ciências por investigação ainda não é predominante no Brasil, conforme afirmam Sá *et. al* (2007), Sá, Lima e Aguiar Jr. (2011).

2.2 BASES TEÓRICAS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

A concepção de aprendizagem por investigação não é nova, todavia, nos últimos anos, as propostas de pesquisa com essa abordagem de ensino têm adquirido uma aceitação considerável.

Um dos principais problemas enfrentados no ensino da ciência é a pouca relação que há entre as situações cotidianas, o conteúdo ensinado e a forma como se constrói o conhecimento científico de fato. Por isso, torna-se essencial dar oportunidades ao aluno para adquirir, mesmo em um curto espaço de tempo, um grau de compreensão mais elevado e mais complexo, articulando os conceitos científicos ao seu contexto social.

Uma das discussões mais relevantes nos últimos anos, no que diz respeito às teorias do conhecimento e aprendizagem em ciências, se referem à concepção do ensino por investigação. Os enfoques nessa abordagem de educação nem sempre coincidem, uma vez que envolvem diversas concepções sobre a educação e o ensino. Dessa forma, ao se analisar a base teórica dessa abordagem, entra-se em contato com diferentes autores, de diferentes vertentes e enfoques e pode-se perceber que o ensino por investigação rechaça a ideia de que a aprendizagem é uma ação receptiva e passiva, mas sim uma atividade complexa em que o aluno é capaz de elaborar os conhecimentos a partir de uma situação-problema que enseje uma ou mais proposta de solução resultantes de uma ação efetiva.

Ao longo da evolução histórica do ensino por investigação, as suas bases teóricas foram se estabelecendo sobre as teorias de Piaget e Vygotski. Para Carvalho (2013), os estudos de Piaget foram importantíssimos para guiar os professores na construção da aprendizagem científica de seus alunos, por meio da problematização.

Na perspectiva piagetiana, a construção do conhecimento ocorre quando o sujeito epistêmico se defronta com um problema a ser resolvido. A construção de novos conhecimentos ocorre quando o estudante já atingiu certo estágio de desenvolvimento cognitivo que lhe possibilita ter a consciência de suas ações na

solução deste problema, ou seja, quando o sujeito interage com o problema, tendo discernimento e compreensão daquilo que está realizando.

Apesar da relevância da perspectiva piagetiana, optamos por privilegiar, neste estudo, a contribuição de Vygotski acerca da aprendizagem, também assinalada por Carvalho e outros autores. Esta perspectiva, centrada na interação social entre professor-aluno, aluno-aluno e destes com o ambiente em que ocorre essa interação, pressupõe que quando o professor propõe um problema ou desafio a seus alunos, estes interagem com o problema, considerando os assuntos, a informação e os valores culturais dos conteúdos envolvidos na solução deste desafio (CARVALHO, 2013).

O papel do professor nessa relação de construção do conhecimento, segundo a teoria de Vygotski, é o de mediador. Sendo a interação social na aprendizagem um fator preponderante, Vygotski entende a linguagem como um elemento essencial nessa interação social.

A abordagem vigotskiana permite observar que a interação tem papel fundamental no desenvolvimento da mente. O ser humano tem a necessidade de manter-se conectado a outros seres humanos para assim construir novos conceitos. A partir dessa interação são estabelecidos processos de aprendizagem que possibilitam o aprimoramento das suas estruturas mentais, tornando-se capaz de formular hipóteses e elaborar ideias acerca desses vínculos constituídos. Desse modo um processo interpessoal transforma-se num processo intrapessoal.

Ao tratar das funções psicológicas superiores, Vigotski as classifica em dois momentos: primeiro no nível social, e, depois, no nível individual. Significa dizer que o primeiro nível de desenvolvimento ocorre entre pessoas (interpsicológica), e só depois ocorre no interior da pessoa (intrapicológica). Isso se aplica igualmente para atenção voluntária, para a memória lógica e para a formação de conceitos. Todas as funções superiores originam-se das relações reais entre indivíduos humanos. (Vigotski. 2001, p.75).

[...] a aprendizagem não é, em si mesma, desenvolvimento, mas uma correta organização da aprendizagem da criança conduz ao desenvolvimento mental, ativa todo um grupo e processos de desenvolvimento, e esta ativação não poderia produzir-se sem a aprendizagem. Por isso, a aprendizagem é um momento intrinsecamente necessário e universal, para que se desenvolvam na criança essas características humanas não naturais, mas formadas historicamente (VYGOTSKI, 2001, p. 115).

Para Vygotski, o desenvolvimento real significa o aluno ser capaz de resolver o problema sem o auxílio do professor ou algum colega de classe; as atividades devem, nesse nível, ter seu grau de dificuldade aumentando gradativamente para que haja o desenvolvimento da aprendizagem. Já o desenvolvimento potencial seria aquele que o aluno é capaz de atingir, se devidamente auxiliado pelo professor ou por outro aluno mais experiente.

No ensino por investigação, o trabalho em grupo torna-se uma necessidade e não uma opção para o professor, daí a aproximação com o caráter sociointeracionista da teoria vygostiana (CARVALHO, 2013). Como os alunos estão praticamente todos num mesmo nível de desenvolvimento, a troca mútua de informações e conceitos para possíveis soluções dos problemas propostos torna-se mais eficaz. Segundo Carvalho (2013), na teoria de Vygotski, o importante é o modo consensual e partilhado como os alunos chegaram à possível solução do problema.

A proposição do problema deve levar em consideração os conhecimentos prévios que os estudantes possuem antes de chegarem à escola, em outras palavras, “não é possível iniciar nenhuma aula, nenhum novo tópico, sem procurar saber o que os alunos já conhecem ou como eles entendem as propostas a serem realizadas” (CARVALHO, 2013, p.02).

Ao propor um problema ou uma situação para que seus alunos solucionem, o professor está buscando motivar os alunos a se esforçarem para alcançar a solução do desafio proposto. Levantando hipóteses e testando-as, os educandos estão interagindo com objetos, construindo sua realidade e manipulando-a de maneira a ter “condições de construir novos conhecimentos”, ou seja, o professor estará proporcionando meios para que ocorra um realinhamento de conhecimentos (CARVALHO, 2013, p.02).

É importante que haja estratégias para que os alunos possam construir, juntos, um conhecimento que permita adquirir uma visão da realidade que se aproxime do saber científico. Todavia, os conhecimentos prévios que os alunos possuem devem ser levados em conta.

O ensino por investigação inquieta e induz os alunos à busca por respostas, procurando promover a inovação pedagógica, a experimentação didática e a integração das diversas áreas curriculares, permitindo, ao aluno, assumir um papel mais ativo no processo de aprendizagem em processos cognitivos com maior autonomia.

2.3 CARACTERÍSTICAS DAS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS

Desenvolver o pensamento científico nos estudantes deve ser um processo estimulado no ensino de Ciências, com informações e atividades adequadas que deem oportunidade ao aluno para compreender, relacionar e adaptar-se a novas situações, fazendo uso do pensamento, interagindo diretamente com o mundo que o rodeia e obtendo experiências relevantes que conduzam ao desenvolvimento do pensamento crítico.

A experiência profissional nos leva a constatar um fenômeno muito recorrente atualmente, que é o pouco interesse que os alunos demonstram para aprender. Isso causa muita frustração no professor que, além de lidar com as dificuldades dos alunos para compreender os conceitos e resolver problemas, precisa lidar também com a desmotivação e a baixa autoestima do aluno, fragilizada pelos obstáculos que dificultam o seu acesso ao conhecimento.

Uma das tarefas mais importantes, para os educadores, é planejar suas aulas com atividades que possibilitem a organização lógica de conteúdos, ampliando gradativamente o nível de dificuldade para a melhor compreensão por parte dos alunos.

Uma sequência de ensino investigativa é uma sucessão de atividades que mantêm uma relação entre si. Está, pois, vinculada a abordagens que favorecem um processo educativo, no qual todas as atividades devem compartilhar um fio condutor que possibilite aos estudantes desenvolver a sua aprendizagem de forma articulada e coerente.

Torna-se evidente que qualquer proposta pedagógica deveria incorporar, de maneira explícita, o caráter sequencial, ou seja, a organização curricular deveria favorecer uma certa conexão entre os conteúdos. Porém nem sempre se observa essa continuidade, visto que essa tarefa requer bastante trabalho por parte de toda a equipe pedagógica.

2.3.1 Potencialidades das SEI's no ensino e aprendizado

É importante ressaltar a importância da investigação durante o processo de formação, uma vez que, por meio das ações investigativas, o estudante explora suas habilidades adquiridas que permitem resolver necessidades e problemas no seu entorno, ou seja, ressalta a importância de investigar para desenvolver projetos que levem a responder problemas que possui ou pode vir a ter.

A formação investigativa é um dos pilares na escola, pois permite aos estudantes integrar conhecimentos para aplicá-los em sua vida cotidiana. Uma sequência didática implica observar uma sucessão de atividades de aprendizagem que, com o auxílio do docente, poderão desencadear nos alunos certas competências estabelecidas no currículo.

No desenvolvimento de uma sequência de ensino investigativa existe uma série de princípios que precisam ser observados. Não se trata de elaborar atividades como um fim em si mesmas, tampouco enunciar possíveis ações. A sequência de atividades responde fundamentalmente a uma série de princípios que partem de uma estrutura didática e de uma visão que surge das necessidades reais da sociedade.

Zômpero e Laburú (2011) afirmam que o ensino por investigação deve proceder de maneira tal que possibilite desenvolver habilidades cognitivas nos estudantes, de modo que eles sejam capazes de argumentar, elaborar hipóteses e realizar procedimentos. Para que haja uma aprendizagem significativa, é necessário que haja um equilíbrio entre essas perspectivas e que desenvolvimento e avaliação tenham como base condições reais.

Para Carvalho (2013), as sequências de ensino investigativas devem

Proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013, p.09).

Dessa forma, quando os estudantes se concentram na resolução de um problema, que pode convenientemente ser proposto pelo professor, deve-se levar em conta as qualidades, conhecimentos e valores que se agregam com a compreensão das atividades propostas.

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, sair de uma postura passiva e começar a perceber e agir sobre seu objeto de estudo [...] (CARVALHO et. al, 1999, p. 42).

Ao levar o aluno a uma participação mais ativa no processo de ensino e aprendizagem, ele terá a oportunidade de construir conhecimentos mediante os constantes desafios.

Bellucco e Carvalho (2014) apresentam uma alternativa de ensino com base em uma sequência de ensino investigativa, que “[...] estimule os estudantes do Ensino Médio a argumentarem” sobre temas de Física, uma vez que, “[...] a argumentação é um dos elementos essenciais do processo de ensino-aprendizagem” (DRIVER et. al, 2000, *apud*, BELLUCO e CARVALHO, 2014, p.32 e 33).

Verifica-se, dessa forma, que os estudantes vão construindo o conhecimento científico à medida que argumentam, refletem e questionam sobre problemas de conteúdos de Física, ou até mesmo problemas de cunho social. Zômpero e Laburú

(2012) demonstram que existem condições para a implementação de atividades investigativas para a compreensão de conceitos científicos em sala de aula, mesmo com alunos que estão habituados com um ensino de ciências tradicional.

Ainda para os autores, os “alunos podem construir significados acerca dos conceitos científicos, desenvolver habilidades procedimentais investigativas”. Segundo eles, por meio de uma atividade investigativa, os educandos são favorecidos a ampliar sua capacidade de argumentar desenvolvendo um pensamento crítico e criativo (ZÔMPERO e LABURÚ, 2012, p.676).

Para que a aprendizagem dos conteúdos de Física ocorra, durante uma atividade de investigação o aluno deve ser o ator principal no processo educativo. Na proposta de um ensino por investigação a construção do conhecimento ocorre quando os estudantes são protagonistas de sua ação educativa, isto é, o ator principal do processo é o aluno, que sempre monitorado pelo professor, constrói o próprio conhecimento. É preciso, pois, buscar uma metodologia de ensino que, possibilite ao educando, raciocinar, refletir, tomar decisões, isto é, ser um sujeito ativo no processo de ensino e aprendizagem.

Os autores acima mencionados destacam que “[...] no ensino investigativo, os alunos são os sujeitos na construção do conhecimento” (LEITE, RODRIGUES e MAGALHÃES JÚNIOR, 2014, p. 50). Nesse contexto de ensino, as atividades permitem despertar a curiosidade dos alunos, bem como promover discussões, questionamentos, levantar hipóteses, testar ideias, buscando a solução de um problema relevante e desafiador; esse tipo de atividades deve fazer parte dos planos de aula do professor, uma vez que, “o professor mediador é o elo entre os saberes dos alunos e o conhecimento científico” (LEITE, RODRIGUES e MAGALHÃES JÚNIOR, 2014, p. 51). Para os autores, é função do professor é dar voz aos alunos para que assim eles compartilhem conhecimentos e desenvolvam habilidades que mais tarde os tornarão cidadãos mais reflexivos e ativos na sociedade.

Fernandes e Vianna (2011) salientam a importância de um ensino em que não exista mais a passividade do aluno frente ao conteúdo proposto pelo professor, uma vez que, somente assim os estudantes estarão aptos a “aprender a pensar, elaborando

raciocínios, hipóteses, trocando e justificando suas ideias”. Dessa forma, uma atividade investigativa bem pensada e elaborada, em que o professor é “forçado a pensar, montar estratégias de aulas”, contribui significativamente para um método de aprendizagem no qual o educando seja o favorecido no sistema de ensino (FERNANDES e VIANNA, 2011, p.16).

Entende-se que o ensino de ciências deve estar atrelado a produzir nos estudantes uma capacidade de solucionar problemas. Para os autores, uma proposta de ensino por investigação que promova um “[...] ensino capaz de ir além do trabalho com conceitos científicos, buscando introduzir os alunos no universo das práticas científicas” (SOLINO e GEHLEN, 2014, p.144), deve apresentar atividades que proporcionam aos educandos contextualizar sua realidade, ao mesmo tempo em que ele propõe ideias na intenção de resolver um problema, objeto de construção de conhecimento científico.

Ao ensinarmos ciências por investigação estamos proporcionando aos alunos oportunidades para olharem os problemas do mundo elaborando estratégias e planos de ação. Desta forma o ensino de Ciências se propõe a preparar o aluno desenvolvendo, na sala de aula, habilidades que lhes permitam atuar consciente e racionalmente fora do contexto escolar. (CARVALHO, 2011, p. 253).

Assim, refletindo sob esta perspectiva, a sala de aula passa a ser o cenário de um ensino pautado na investigação contextualizada em uma situação concreta.

Contextualizar os conteúdos de Física na escola é tornar a aprendizagem desses conceitos e proposições mais relevantes e significantes para os estudantes, uma vez que o contexto dá sentido ao que é aprendido.

O conhecimento do mundo físico se dá quando o estudante é capaz de raciocinar criticamente sobre situações do seu cotidiano, relacionando os conceitos apresentados pelo professor em sala de aula com problemas de sua vivência cotidiana. Segundo Carvalho (2011) o conteúdo a ser ensinado deve estar integrado à necessidade do estudante. Dessa forma, para que tenha sentido, o conhecimento deve ser construído a partir de atividades pedagógicas, articuladas com as experiências de vida dos estudantes, levando em consideração seu contexto sociocultural.

A sequência de ensino investigativa orienta e facilita o desenvolvimento prático dos conceitos, desde que pensada como uma proposta flexível que pode ser adaptada à realidade dos alunos. Essa organização requer certo grau de estruturação no processo de ensino e aprendizagem, descartando a possibilidade de improvisação por parte do professor, já que se torna importante o planejamento efetivo atividades. Esse é um processo reflexivo em que professores e alunos desempenham papéis importantes. É uma ferramenta que permite muito mais do que investigar os conteúdos que servirão de base para a avaliação. A sequência de ensino investigativa deve acrescentar valores, atitudes e habilidades cognitivas para auxiliar na representação da própria experiência e do conhecimento, tanto na escola como em suas vivências fora dela.

2.3.2 Etapas de uma sequência de ensino investigativa

A construção de uma sequência de ensino investigativa se baseia numa série de aspectos formais que surgem do plano de ensino, contudo, mais especificamente do programa da disciplina em que está inserida. O ambiente escolar é um espaço rico de possibilidades de aprendizado, e uma das maneiras de se buscar o conhecimento científico. Aqui se encontra a primeira dificuldade para o trabalho com investigação, pois há que se levantar os conhecimentos prévios que os alunos têm para se planejar a sequência a ser trabalhada.

A estruturação de uma sequência de ensino investigativa não pressupõe e nem determina uma abordagem hierarquizada de conceitos. Também não impede que o docente analise a situação de ensino, estabelecendo pontos de partida e de chegada para que os alunos trabalhem aspectos da realidade que dão sentido ao conteúdo conceitual. Pelo contrário, essa rede que entrelaça os conceitos e a realidade vivida é importante para que o professor crie questionamentos que dão sentido ao ato de aprender.

A construção e implementação de uma SEI em geral considera os seguintes passos: Proposição do problema pelo professor, resolução do problema pelos alunos,

sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos e sistematização individual do conhecimento, (CARVALHO, 2013). Não se trata de etapas rígidas a serem seguidas, mas sim de uma concepção de ensino que privilegia uma postura problematizadora diante dos fenômenos a serem estudados, o protagonismo dos estudantes na elaboração das possíveis soluções para o problema, o papel mediador do professor na sistematização dos conhecimentos produzidos e a interação como o meio propício ao desenvolvimento conceitual.

A problematização que dá início ao processo deve ser uma característica constante da atividade investigativa, já que sempre poderão surgir novas questões e novos objetos de investigação, num contínuo processo de construção de conhecimento.

Carvalho (2013) reforça essa ideia ao afirmar que:

[...] um problema para que os alunos possam resolvê-lo – vai ser o divisor de águas entre um ensino expositivo feito pelo professor e o ensino em que proporciona condições para que o aluno possa raciocinar e construir seu conhecimento (CARVALHO, 2013, p.02).

O problema então deve ser desenvolvido de maneira a solicitar aos estudantes um engajamento para solucionar tal desafio, isto é, a situação deve ser desafiadora e capaz de motivar os alunos na construção e explicação de um conceito científico, promovendo um maior envolvimento na atividade investigativa proposta pelo professor.

Nesse contexto, Carvalho (2013) concorda com Machado e Sasseron (2012) ao dizer que “problematizar é possibilitar ao estudante criar, pensar, explorar toda e qualquer forma de conhecimento e objetos de seu pensamento na busca pela solução” (CARVALHO, 2013, p. 33). Portanto, para um empreendimento investigativo, as perguntas realizadas pelo professor em sala de aula, o enunciado do problema proposto, bem como a argumentação dos estudantes ao relatarem a maneira como fizeram para solucionar o problema de investigação, e a condução do professor nesse debate, são fundamentais para um ensino investigativo completo.

O problema proposto seja ele de caráter experimental, teórico ou contextualizado, deve oferecer condições para que os alunos “pensem e trabalhem com as variáveis

relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático” (CARVALHO, 2013, p 09).

Problematizar conteúdos não significa apresentar um enunciado instigante para os alunos. Problematizar é muito mais que isto.

[...] A problematização compreende um processo de aproximações sucessivas a determinado fenômeno. [...] É preciso que a partir de uma questão inicial, os estudantes sejam conduzidos à tomada de consciência de suas ações e que o professor os ajude nesse processo. (CARVALHO, 2013, p. 37 - 38).

Para os autores, quando o professor provoca situações que levam os estudantes a envolver-se com novas questões, ele está problematizando uma situação ou conceito. A etapa de sistematização do conhecimento é o momento seguinte, em que o professor desempenha um papel fundamental, pois é aí que os alunos irão expor suas hipóteses e mostrar o que fizeram para resolver (ou tentar resolver) o problema. Por isso, a forma como o professor irá conduzir esta etapa é fundamental para a construção do conhecimento. Neste momento os alunos serão estimulados a dizer “como” resolveram o problema e “por que” alcançaram tal resultado. Espera-se que as respostas dos alunos nesse momento apontem para os métodos utilizados e para os conceitos subjacentes às suas explicações. Tais conceitos passarão a ser então discutidos e sistematizados com a mediação do professor (CARVALHO 2013).

Convém ressaltar que a resolução dos problemas deve ser realizada pelos alunos, pois é nesse momento que eles irão construir suas hipóteses para tentar encontrar a solução do desafio proposto. Segundo Carvalho (2013, p.12), “o papel do professor nessa etapa é verificar se os grupos entenderam o problema proposto e deixá-los trabalhar”.

A sistematização é a fase da SEI em que a argumentação é importantíssima para o desenvolvimento da atividade proposta. Nesse ponto, a conversa entre professor e alunos pode ocorrer por meio de um debate em que o uso da linguagem correta é muito importante e assume um lugar de destaque na construção do conhecimento.

Bianchini (2011) destaca que:

O aprendizado da ciência é, portanto, considerado o envolvimento na construção e utilização de ferramentas que, como a argumentação, são fundamentais na geração de conhecimento sobre o mundo natural (BIANCHINI, 2011, p. 43)

Em alguns momentos, a compilação dos dados pode gerar a construção de tabelas e gráficos, assim sendo é indispensável que o professor conduza “[...] a leitura e a interpretação da tabela e do gráfico, pois trata-se de um outro tipo de linguagem, com a qual nem sempre os estudantes estão familiarizados. (CARVALHO, 2013, p. 13).

A estrutura da sequência integra dois elementos que se realizam de modo simultâneo, que são a sequência das atividades para a aprendizagem e a avaliação dessas mesmas atividades. Pode-se dizer que aprendizagem e avaliação estão profundamente interligadas.

A avaliação deve levar em conta a sua dimensão diagnóstica. Nesse sentido, permite ao professor perceber uma dificuldade ou uma possibilidade de intervenção, favorecendo a reorganização ou o redirecionamento de uma sequência didática.

[...] é difícil encontrar funcionalidade em uma avaliação baseada apenas no julgamento “objetivo” e terminal do trabalho realizado por cada aluno. [...] como formador de pesquisadores novatos o professor deve considerar-se corresponsável pelos resultados que estes obtiverem [...] (CARVALHO e PÉREZ, 2011, p.59)

É necessário ter clareza com relação ao papel da avaliação, inclusive ter uma visão geral do processo de aprendizagem para ir além da aplicação de provas. Reconhecemos, assim, que o ensino por investigação deve ser centrado na aprendizagem, o que implica avaliar numa perspectiva que articula os conteúdos a serem ensinados e os demais aspectos da realidade dos alunos. Acerca do assunto, Carvalho e Pérez (2011) ressaltam que:

É necessário, ainda, ampliar a avaliação para além daquilo que compõe a atividade individual dos alunos: a avaliação de aspectos como o ambiente da aula, o funcionamento dos pequenos grupos, as intervenções do professor etc. contribuem para romper a concepção de avaliação como simples julgamento dos alunos e fazê-los sentir que realmente se trata de um acompanhamento de uma tarefa coletiva para incidir positivamente na mesma. (CARVALHO e PÉRES, 2011, p. 61)

A construção de uma sequência de ensino investigativa e a sua avaliação são elementos que se influenciam e se afetam mutuamente. O ponto de partida é a seleção e problematização de conteúdos e a determinação do objetivo da aprendizagem desses conteúdos, de acordo com a visão pedagógica de cada professor. A partir disso, se avança em relação aos resultados que se espera obter dos alunos e que atividades podem ser propostas para criar um ambiente propício à aprendizagem.

Ainda sobre a avaliação, Carvalho (2013) acrescenta que

as inovações didáticas devem estar ligadas a inovações na avaliação, pois uma postura metodológica em sala de aula torna-se inconsistente aliada a uma postura tradicional de avaliação (CARVALHO, 2013, p. 10).

Assim, no momento da realização das atividades de avaliação, é importante considerar o tipo de relação que há entre o desenvolvimento das sequências de ensino investigativas e a avaliação para assegurar a sua utilidade e pertinência. As atividades de avaliação devem levar em conta aspectos conceituais, metodológicos e de relações, todavia, seu principal papel deverá consistir em apontar possíveis redirecionamentos para que as atividades investigativas sirvam para que os alunos avancem no desenvolvimento dos conceitos.

2.3.3 Os conteúdos atitudinais e procedimentais no ensino de ciências

A sala de aula é um espaço de interação comunicativa em que os atores principais, alunos e professores, assumem papéis que desempenham de acordo com as diversas formas de significação, com o propósito de alcançar objetivos de caráter pedagógico.

Dessa forma, é fundamental que se estimule, no aluno, a curiosidade, o interesse pela investigação para que, assim, o aluno desenvolva o seu pensamento científico. Para isso, serão necessárias atitudes que rompam com o monólogo do professor, dando lugar a uma relação mais dialógica. Muitas vezes, o ensino de Física se restringe ao ensino de conceitos, memorização de fórmulas e a repetição exaustiva de exercícios.

[...] boa parte do ensino da ciência, especialmente no que se refere à Física, esteve dedicado a treinar os alunos em algoritmos e técnicas de quantificação, geralmente esses conteúdos foram tratados como se fossem mais um conteúdo conceitual, no qual a questão fundamental continua sendo explicar aos alunos o que devem fazer e não proporcionar a eles uma ajuda específica para que aprendam a fazê-lo. (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 46-47).

Captar a atenção dos alunos que estão sentados nas salas de aula de hoje é um desafio para os professores, visto que eles estão acostumados a uma circulação constante de informações acessíveis nos mais diversos meios de comunicação. Assim, lhes parece monótona a permanência em sala de aula com uma abordagem mais tradicional.

Os jovens, na atualidade, esperam que o ensino possua a mesma dinamicidade do mundo virtual a que estão adaptados em seu cotidiano, o que poucas vezes ocorre. Para isso, é importante que haja entre professores e alunos uma maior interação no processo de ensino e aprendizagem.

Não há uma maneira única de ensinar. Há abordagens didáticas diversas. Logo deve haver formas diferentes de se ensinar a investigar. Prova disso é o fato de que cada campo científico tem à sua maneira específica de problematizar, observar e construir conhecimentos.

Dessa forma, é possível afirmar que a adequação da abordagem didática feita em sala de aula irá refletir diretamente na eficácia da aprendizagem. O procedimento estará relacionado com os objetivos de ensino e com o desenvolvimento esperado dos alunos, levando-os a executar atividades que possibilitem desenvolver todo o potencial dos estudantes.

Segundo Pozo e Gómez Crespo (2009), as atitudes são os conteúdos de ensino mais complexos, uma vez que, geralmente, os professores geralmente enfatizam conteúdos conceituais de cada disciplina, reproduzindo a formação predominantemente conceitual que receberam.

De acordo com Zabala (1998), Pozo e Gómez Crespo (2009), os conteúdos que são atitudinais podem ser divididos em: (i) valores ou princípios, quando ocorre a emissão de juízo acerca da conduta; (ii) normas que são as regras que os indivíduos devem seguir, conforme o grupo social; (iii) atitudes, que são as regras comportamentais das pessoas ao interagirem de uma determinada maneira. Assim, pode-se afirmar que os conteúdos atitudinais são a soma desses valores, normas e atitudes.

O ensino por investigação possibilita trabalhar os conteúdos atitudinais, na medida em que o professor promove a interação entre os sujeitos envolvidos no processo educativo. O papel do professor é o de problematizar, promover debates e levar os alunos a refletir sobre suas dúvidas. A busca de consensos e a negociação dos possíveis conflitos que o debate possa suscitar, oportuniza o desenvolvimento de atitudes de compartilhamento de ideias, respeito às diferenças e argumentação crítica, que são importantes não apenas no âmbito acadêmico, mas na vida social de modo geral.

Por outro lado, o ensino por investigação também favorece a aprendizagem de conteúdos procedimentais. A vantagem do ensino de procedimentais é que os alunos adquirem maior destreza na observação, seleção e registro de dados, aprendem a fazer medidas e compreendem os passos necessários para o planejamento e execução de práticas experimentais, que são conhecimentos inerentes ao contexto científico, também importantes para o exercício da cidadania, especialmente no mundo do trabalho.

O ensino por investigação propicia o desenvolvimento de atitudes e a aquisição de procedimentos, ou seja, vai além da exposição de conceitos. Mais ainda, o ensino por investigação oportuniza um pensamento crítico por parte dos alunos, levando-os a um maior poder de argumentação.

[...] se as tarefas tendem a variar em aspectos relevantes, se resultam surpreendentes e até certo ponto imprevisíveis, se envolvem uma prática reflexiva, exigindo que o aluno planeje, selecione e reflita, sobre sua própria aprendizagem, dado que as tarefas envolvem situações novas que exigem, também, novos planejamentos, se as tarefas constituem verdadeiros problemas, em resumo, para resolvê-las, os alunos terão que habituar-se a enfrentá-las de um modo estratégico (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 51).

Dessa forma, o trabalho com o ensino por investigação pressupõe atividades que envolvem a aprendizagem de conceitos, atitudes e procedimentos, possibilitando maior autonomia nos alunos.

2.4 ENQUADRAMENTO TEÓRICO DO CONTEÚDO ENSINADO: O CONCEITO DE HIDROSTÁTICA NO ENSINO MÉDIO

Historicamente a mecânica dos fluidos¹ se designa a compreender os efeitos de forças em fluidos, sejam eles em equilíbrio estático (hidrostática) ou sujeitos a forças externas diferentes de zero, (hidrodinâmica). O primeiro fluido a ser estudado, foi a água, uma vez que, se apresentava em grande quantidade e de fácil manipulação, daí por razões históricas, quando vamos estudar os conteúdos relacionados a estática dos fluidos, damos o nome de hidrostática (SAMPAIO E CALÇADA, 2005).

De acordo com o que está disposto na nova matriz curricular da Rede Estadual de Educação Básica do Estado do Espírito Santo, os conteúdos relacionados a hidrostática, apresentam-se dentro de uma grande área da Física, denominada mecânica dos fluidos. O quadro 1 abaixo elaborado a partir da nova matriz curricular da SEDU-ES², ilustra quais conteúdos e quais objetivos de ensino se esperam dentro da mecânica dos fluidos para o nível médio da Educação Básica.

¹ Um fluido, ao contrário de um sólido, é uma substância que pode escoar. Os fluidos assumem a forma do recipiente em que são colocados. Eles se comportam dessa forma porque um fluido não pode resistir a uma força paralela à sua superfície. Um fluido é uma substância que escoar porque ele não pode resistir a uma tensão de cisalhamento. (HALLIDAY e RESNICK, 2009, p. 58)

² SEDU-ES – Secretaria de Estado de Educação do Estado do Espírito Santo.

Quadro 1 Matriz de conhecimentos sobre mecânica dos fluidos, adaptado de Currículo Base da Rede Estadual – ES (2017).

Conhecimentos	Expectativas de aprendizagem (operações cognitivas esperadas para o desenvolvimento)
<p>Mecânica dos Fluidos</p> <p>Densidade e Pressão; Empuxo; Princípios de Pascal, Arquimedes e Stevin: Condições de flutuação, relação entre diferença de nível e pressão hidrostática.</p>	<p>Definir e utilizar a densidade e a pressão, bem como a pressão atmosférica, suas medidas e suas unidades;</p> <p>Descrever a variação da pressão num líquido em equilíbrio;</p> <p>Aplicar o Princípio de Pascal para interpretar fenômenos em Hidrostática;</p> <p>Definir empuxo e aplicar o Princípio de Arquimedes para determiná-lo e interpretar fenômenos em Hidrostática.</p>

A matriz de conhecimentos da área de Física, proposta no currículo base da SEDU – ES, apresenta como sugestão os conteúdos sobre hidrostática, no final do terceiro trimestre da primeira série do nível médio, e fundamentados no que se espera de objetivos de aprendizagens proposta nesta matriz curricular, vamos apresentar os conceitos trabalhados dentro da hidrostática no nível médio da educação básica.

2.4.1 Densidade e Pressão

Ao definirmos a densidade (d) de um fluido, consideramos um pequeno elemento de volume ΔV e medimos a massa Δm contida nesse elemento de volume. A densidade (d) do fluido então, é estabelecida como a razão entre esse elemento de massa Δm medido e seu elemento de volume ΔV isolado.

Teoricamente, a massa específica em um ponto qualquer de um fluido é o limite dessa razão quando o elemento de volume ΔV em torno do ponto tende a zero. Na prática, supomos que o volume de fluido usado para calcular a densidade, embora pequeno, é muito maior que um átomo e, portanto, “regular” (com a mesma densidade em todos os pontos) e não “granulado” por causa da presença de átomos. Além disso, em muitos casos supomos que a densidade do fluido em uma amostra é a mesma em todos os pontos. (HALLIDAY e RESNICK, 2009, p. 59)

Para os autores essas duas hipóteses descritas, nos permitem escrever a densidade de um fluido matematicamente da seguinte maneira.

$$d = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Neste entendimento, em que (m) representa a massa do fluido e (V) o volume do fluido, no Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI), sua unidade é quilograma por metro cúbico (kg/m³). Na tabela 1 abaixo podemos observar valores de densidades de alguns fluidos.

Tabela 1: Densidades de alguns fluidos comuns adaptado de Sampaio e Calçada (2005).

Fluido	Densidade em kg/m ³	Fluido	Densidade em kg/m ³
Ar (a 0°C e ao nível do mar)	1,293	Álcool etílico (a 20°C)	0,79 x 10 ³
Água (a 4°C)	1,00 x 10 ³	Gasolina (a 20°C)	0,68 a 0,72 x 10 ³
Água do mar	1,03 x 10 ³	Óleo (a 20°C)	0,8 a 0,9 x 10 ³
Sangue humano	0,917 x 10 ³	Mercúrio (a 0°C)	13,6 x 10 ³

Fonte: Sampaio e Calçada (2005, p. 58)

Quando uma superfície de área (A), é submetida a ação de forças perpendiculares, ou componentes normais dessa força, definimos como pressão sobre essa superfície (p), a razão entre o módulo³ dessa força normal e a área da superfície. De acordo com Sampaio e Calçada (2005), quando desejamos determinar a pressão

³ A pressão é uma grandeza escalar, e por isso suas propriedades não dependem de orientação. A força normal que atua sobre a superfície é um vetor, porém para efeito de cálculo da pressão, apenas o módulo da força é envolvido na equação. (HALLIDAY e RESNICK, 2009)

em ponto no fluido, ela deve ser calculada pelo limite da pressão quando a área A da superfície tende a zero. O que em termos matemáticos pode ser descrito por:

$$p = \lim_{A \rightarrow 0} \frac{F}{A} \quad (2)$$

Outros autores, corroboram com a definição de pressão descrita por Sampaio e Calçada (2005), quando, por exemplo, afirmam que, a pressão em qualquer ponto no fluido é o limite dessa razão quando a área ΔA de um êmbolo com o centro nesse ponto tende a zero Halliday e Resnick (2009, p. 59). Quando a força está distribuída uniformemente⁴ em uma superfície plana de área (A), como ilustrado pela figura 1, podemos descrever uma expressão matemática para a pressão:

$$p = \frac{F}{A} \quad (3)$$



Figura 1 – distribuição das forças sobre uma superfície de área A .

Fonte: Sampaio e Calçada (2005, p. 61)

Como a unidade de medida de força no SI, é o Newton e a unidade de área é o metro quadrado, a unidade de medida de pressão no SI, fica definida como Newton por metro quadrado, o qual foi chamada de Pascal (Pa) em homenagem ao matemático e físico francês Blaise Pascal (1623-1662), que fez importantes contribuições para o estudo dos fluidos (SAMPAIO e CALÇADA, 2005, p. 62).

Além da unidade Pascal, muitas outras unidades são utilizadas para medir pressão, entretanto, são unidades denominadas práticas, não pertencentes ao SI, unidades

⁴ Quando dizemos que uma força é uniforme em uma superfície isso significa que a força está uniformemente distribuída por todos os pontos da superfície. (HALLIDAY, e RESNICK, 2009, p. 59)

de uso cotidiano, tais como, atm. (pressão atmosférica), o torr, antes denominado de milímetro de mercúrio (mmHg), e a libra por polegada quadrada (lb/in²). Essas unidades podem ser relacionadas de acordo os seguintes valores $1 \text{ atm.} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ torr} = 14,7 \text{ lb/in}^2$ (HALLIDAY e RESNICK, 2009, p. 60).

Avançando nas definições acerca do conceito de pressão, no ano de 1643 o físico e matemático Evangelista Torricelli (1608-1647), de descendência italiana realizou uma experiência que tinha por objetivo determinar a pressão atmosférica ao nível do mar (SAMPAIO e CALÇADA, 2005).

Primeiramente, Torricelli encheu com mercúrio (Hg) um tubo de vidro de aproximadamente 1 metro de comprimento. Em seguida, mantendo fechado o tubo, inverteu-o e mergulhou-o num recipiente que também continha mercúrio. Depois, abrindo a extremidade inferior, notou que o mercúrio descia um pouco, estabilizando num comprimento de aproximadamente 76 cm acima da superfície livre do mercúrio. A parte superior ficava vazia, isto é, ali temos vácuo. Este vácuo não é perfeito, pois um pouco de mercúrio se evapora preenchendo o espaço. (SAMPAIO e CALÇADA, 2005, p. 84-85)

A conclusão que Torricelli chegou a época com sua experiência, foi que a pressão atmosférica era quem mantinha a coluna de mercúrio em equilíbrio naquela altura. Por definição uma atmosfera (1 atm) equivale a pressão exercida por uma coluna de mercúrio, que esteja em equilíbrio a uma altura de 76 cm, quando a temperatura do local é 0°C e a gravidade tenha um valor aproximado de 9,80 m/s² (SAMPAIO e CALÇADA, 2005).

A figura 2 ilustra o que foi o experimento realizado por Torricelli.

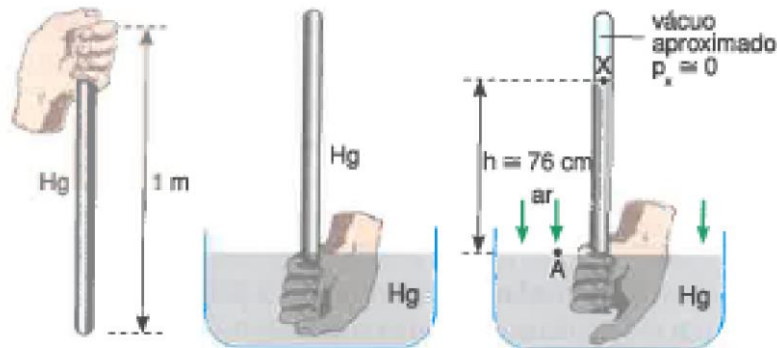


Figura 2 – Esboço da experiência realizado por Torricelli (1608-1647) em 1643.

Fonte: Sampaio e Calçada (2005, p. 85)

2.4.2 O Teorema de Stevin

Físico e matemático Simon Stevin (1548-1620) de descendência belga, viveu grande parte de sua vida na Holanda, onde seus trabalhos sobre a teoria dos números e sobre a pressão nos fluidos tiveram maior significado e relevância (SAMPAIO e CALÇADA, 2005). Para os autores Simon Stevin, deduziu experimentalmente a equação que determina o valor da pressão exercida sobre um ponto localizado num fluido, demonstrando que esta pressão, depende apenas da densidade do fluido, da aceleração da gravidade e da altura da coluna do fluido sobre este ponto.

$$p = p_{\text{atm}} + d.g.h \text{ (Teorema de Stevin)} \quad (4)$$

Nesta equação temos que (p_{atm}) é definido como a pressão atmosférica que assume um valor igual a $1\text{atm} = 1,01 \times 10^5$ Pascal, (d) é a densidade do fluido, (g) é o valor da gravidade no local em que se encontra o fluido, (h) é a profundidade em que está o ponto em que queremos determinar a pressão (p).

A equação (4) acima estabelece que a pressão em um ponto do fluido em equilíbrio estático depende da profundidade desse ponto, mas não da dimensão horizontal do fluido ou do recipiente (HALLIDAY e RESNICK, 2009, p. 61).

Segundo Sampaio e Calçada (2005), este teorema, nos fornece o princípio dos vasos comunicantes, no qual diz que a diferença de pressão entre dois pontos num fluido em equilíbrio estático tem o mesmo valor independente do formato do recipiente, conforme pode ser observado na figura 3 abaixo.

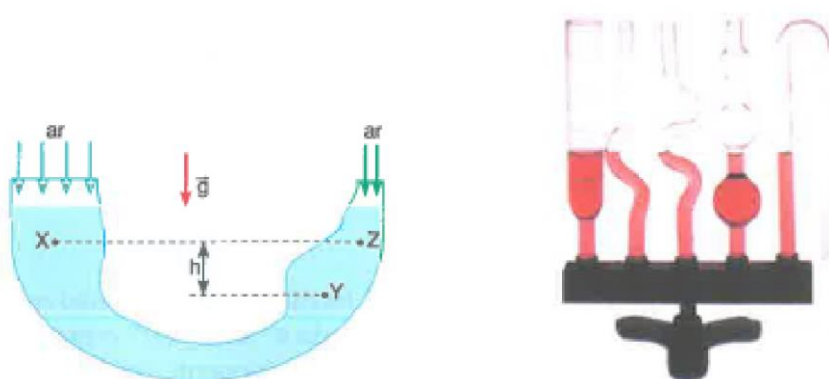


Figura 3 – Vasos comunicantes, de formas e larguras diferentes, contendo fluidos iguais e estando no mesmo nível em todos os lados.

Fonte: Sampaio e Calçada (2005, p. 71)

Esses recipientes geralmente em forma de “U”, são bastantes utilizados, quando se deseja, por exemplo, saber o valor da densidade de um fluido desconhecido, sendo suficiente, misturar dois fluidos diferentes nesse recipiente de forma de “U”, sendo um dos fluidos de densidade conhecida, e aplicar o Teorema de Stevin, para encontrar a relação matemática entre as densidades dos fluidos.

Já em nosso cotidiano, é possível observar diversas aplicações do princípio dos vasos comunicantes, estabelecido a partir do Teorema de Stevin, como o que é ilustrado a partir da figura 4.

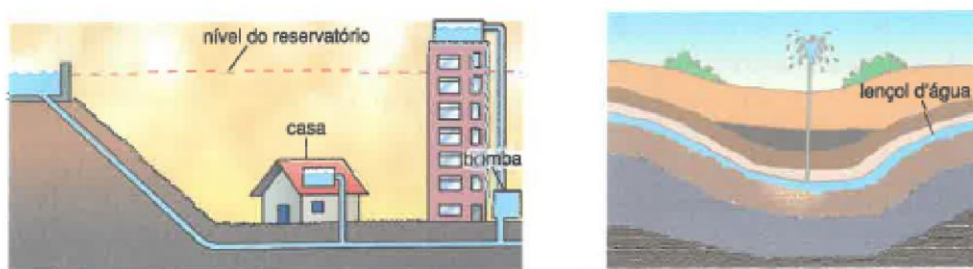


Figura 4 – Esboço de algumas situações cotidianas em que se aplica o princípio dos vasos comunicantes.

Fonte: Sampaio e Calçada (2005, p. 72)

Para Sampaio e Calçada (2005) a figura 4, pode ser descrita da seguinte maneira.

Ao se construir um reservatório de água para abastecer uma cidade, procura-se colocá-lo num ponto mais alto possível, de modo que, pelo princípio dos vasos comunicantes, a água atinja todas as residências. Quando isso não é possível, como no caso de um edifício, há a necessidade de usar uma bomba que eleve a água do nível da rua para uma caixa situada no teto do edifício. Os poços artesanais são outro exemplo de aplicação dos vasos comunicantes. (SAMPAIO e CALÇADA, 2005, p. 72)

Mostrar que, um conceito discutido em sala de aula, pode apresentar diversas aplicações no cotidiano dos alunos, permite que este mesmo conceito seja por eles compreendido de forma mais concreta.

Conforme exposto no quadro 1, para descrevermos todos os conteúdos relacionados a hidrostática, proposta na matriz curricular da SEDU-ES, precisaríamos discorrer sobre o Princípio de Pascal e o Princípio de Arquimedes. No entanto, para este trabalho de pesquisa fizemos um recorte, sendo trabalhado apenas os conceitos de pressão e o Teorema de Stevin.

3. METODOLOGIA

A metodologia é parte fundamental para orientar os caminhos que se devem seguir e, por conseguinte, produzir dados que, após analisados, possam responder às questões que motivaram a realização desta pesquisa. O estudo, de natureza qualitativa, consiste numa pesquisa de intervenção, em que desenvolvemos e implementamos uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), focalizando a contribuição do Ensino por Investigação para a construção de conceitos físicos relacionados à Hidrostática e algumas de suas possíveis aplicações tecnológicas. Desse modo, é pertinente ordenar as etapas de investigação do fenômeno a ser pesquisado, delineando-as da seguinte maneira: caracterização do campo de pesquisa, caracterização dos sujeitos da pesquisa, descrição do evento definido como cenário para a produção e registro de dados e, por fim, a análise de dados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DE PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida numa instituição de ensino pertencente a Rede Estadual de Ensino do Estado do Espírito Santo, localizada ao município de Serra – ES.

A escola possui um universo de aproximadamente 1100 alunos matriculados regularmente no nível médio dos turnos matutino, vespertino e noturno, período letivo de 2017.

A escola oferece além do ensino médio regular nos três turnos, matutino, vespertino e noturno, oferece também, ensino médio integrado de informática funcionando entre os turnos matutino e vespertino, e dois cursos técnicos subsequentes, no período noturno.

A escola possui um pavimento com salas de aula convencionais, dois laboratórios de informática climatizados, uma biblioteca, um laboratório de Física/Química/Biologia, uma sala de artes, além de uma sala multiuso também

climatizada, que possibilita a realização de palestras, reuniões e outras atividades extraclasse.

Na área externa, a escola possui um ambiente arborizado e iluminado para a realização de atividades extraclasse, além de uma quadra poliesportiva, destinada às aulas de educação física, ou alguma atividade extraclasse planejada por algum professor, ou equipe pedagógica.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS DA PESQUISA

O corpo discente da escola é formado por alunos advindos de diversos bairros pertencentes ao município. Essa prática de receber não só alunos do bairro ao qual a unidade de ensino pertence, mas também de bairros vizinhos e de outras localidades do município de Serra, por exemplo, o bairro Feu Rosa, que fica bem distante da escola, já era corriqueira na instituição, porém, neste ano letivo de 2017, o volume de alunos advindos de outras localidades aumentou significativamente, devido ao novo sistema de matrícula, implantado pela Secretaria de Educação.

Os sujeitos da pesquisa foram selecionados de maneira intencional, com características relevantes, que no nosso caso, seriam estudantes do sexo masculino e feminino, devidamente matriculados e com frequência regular. De acordo com Gil (2002), a escolha de uma amostra de maneira intencional é mais adequada, quando se pretende obter dados de natureza qualitativa. Para o autor *“A intencionalidade torna uma pesquisa mais rica em termos qualitativos”* (GIL, 2002, p.145).

Dentro desta perspectiva, respeitando o currículo básico comum da Secretária de Estado de Educação/ES, todas as cinco turmas da primeira série do Ensino Médio participaram das atividades investigativas sistematizadas e disponibilizadas em nosso produto educacional⁵. Destas cinco turmas, duas frequentavam o turno

⁵ A descrição completa do Sequência de Ensino Investigativa que é nosso produto educacional, será apresentada no subitem 3.4 A intervenção em sala de aula: Evento para produção e coleta de dados

matutino e as outras três, o vespertino. Pelo fato do professor/pesquisador não ser o professor do período noturno, nenhuma turma desse turno participou da pesquisa.

Para efeito de produção e análise de dados foi selecionada a turma da primeira série do ensino médio integrado com o curso técnico em informática, que era composta por 38 alunos, sendo que deste total de alunos, temos 24 meninos e 14 meninas, com idades entre 13 e 16 anos, todos advindos dos mais variados bairros do município de Serra/ES,

3.3 PRESSUPOSTOS ÉTICOS DA PESQUISA

As técnicas e procedimentos empregados na pesquisa em nenhum momento representaram prejuízos à integridade física, à saúde mental, sociocultural e psíquica dos sujeitos participantes porque se pautou na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, a qual se fundamenta nos princípios internacionais que emanaram declarações e diretrizes sobre pesquisa que envolve seres humanos (CNS, 1996).

Desse modo, os participantes do trabalho de pesquisa receberam um termo de consentimento livre e esclarecido (CNS, 1996), que garante o silêncio total e a possibilidade de abandono da participação se assim desejarem e igualmente poder de dissertar acerca dos objetivos e justificativas da pesquisa em questão. Por ser o trabalho realizado nos domínios de uma instituição de ensino, um pedido de parecer de consentimento para realização e utilização dos dados coletados no trabalho, foi enviado aos alunos para as devidas autorizações a partir das assinaturas do Termo de Consentimento e Esclarecimento que se encontra no Apêndice II desse trabalho de pesquisa.

3.4 A INTERVENÇÃO EM SALA DE AULA: EVENTOS PARA PRODUÇÃO E COLETA DE DADOS

O evento para produção e coleta de dados foi planejado e desenvolvido com base nos princípios teóricos e metodológicos do Ensino de Ciências por Investigação, mediante o desenvolvimento de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), organizada em duas fases. A primeira foi a fase de problematização, organizada em três momentos: a) mobilização e proposição de um problema, b) levantamento e teste de hipóteses, c) socialização das possíveis soluções encontradas pelos alunos. A segunda foi a etapa de aprofundamento e contextualização do conteúdo, caracterizada pela ênfase na sistematização do conhecimento pelo professor, importante para um melhor entendimento dos conteúdos por parte dos alunos. No final de cada etapa uma atividade avaliativa conclui as atividades da SEI. Esta organização foi elaborada conforme descrita por Carvalho (2013):

Uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades-chave: na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, seguido por uma sistematização dos conhecimentos construídos pelos alunos, promoção de uma contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos e posterior atividade de avaliação ao término de cada ciclo que compõe a SEI. (CARVALHO, 2013, p.9).

Em suma, trabalhamos com uma SEI que, partindo da proposição de um problema aberto, seguiu todas as etapas metodológicas previstas na literatura, Borges (2002), Azevedo (2004), Lima e Munford (2007), Sá, Lima e Aguiar Jr (2011), Zômpero e Laburú, (2011), Machado e Sasseron (2012), Carvalho et, al. (2013) e Belluco e Carvalho, (2014), e sendo estas etapas dinâmicas e flexíveis. O quadro 2 abaixo sintetiza as etapas que compõem a SEI, descrevendo as atividades realizadas com os alunos em cada uma delas.

Quadro 2: Síntese das etapas que compõem a SEI

ETAPA DE PROBLEMATIZAÇÃO			
<p>a) Mobilização de conhecimentos e Proposição do problema</p> <p>b) Levantamento e teste de hipóteses</p>	1ª Aul a	Conteúdo	Atitudinal e Procedimental
		Duração	Hora/aula: 55 minutos
		Descrição	<p>Proposição de dois vídeos curtos com breve discussão, e proposição do problema: Dividir os alunos em pequenos grupos de cinco integrantes e explicar, que eles terão que elaborar hipóteses para possíveis soluções para o problema apresentado:</p> <p><i>Dada a importância da reutilização da água, devido à crise hídrica que estamos vivendo, como você viabilizaria maneiras de reaproveitar a água da chuva aqui na escola?</i></p> <p>Recolher estas hipóteses ao término da aula.</p>
	2ª Aul a	Conteúdo	Atitudinal e Procedimental
		Duração	Hora/aula: 55 minutos
		Descrição	<p>Organizar os alunos novamente em um círculo com os integrantes dos grupos próximos. Promover uma pequena discussão com as possíveis soluções que os alunos trouxeram para aula. (10 min)</p> <p>Explicar aos alunos que eles irão para o laboratório de informática, realizar uma pesquisa, para validar suas ideias, ou melhorá-las, ou ainda modificá-las. (45 min)</p>
c) socialização das possíveis soluções encontradas pelos alunos		Conteúdo	Atitudinal e Procedimental
		Duração	Hora/aula: 25 minutos

	3ª Aula	Descrição	Dispor os alunos em pequenos grupos e ouvir o que cada grupo pesquisou e formulou como solução para o problema proposto. Explicar para os alunos que eles irão construir uma maquete.	
ETAPA DE APROFUNDAMENTO DO CONTEÚDO				
SITUAÇÃO-PROBLEMA Questão aberta: Pensem e anotem como irão fazer para que o filete de água alcance a maior distância? Justifique sua resposta.		Conteúdo	Atitudinal, Procedimental e Conceitual	
		Duração	Hora/aula: 30 minutos	
		Descrição	Com os alunos ainda em pequenos grupos, entregar para cada grupo uma garrafa de plástico, um prego e um pedaço de fita isolante. Explicar para os grupos que eles deverão decidir em que local da garrafa plástica fazer um furo de maneira que a água quando sair, atinja a maior distância possível.	
	d) sistematização do conhecimento	4ª aula	Conteúdo	Conceitual
			Duração	Hora/aula: 55 minutos
			Descrição	Organizar a sala em círculo e no centro realizar a demonstração experimental. Ouvir dos alunos suas explicações para os efeitos do experimento, e realizar uma exposição do conteúdo Teorema de Stevin a partir da experiência. Usar apresentação em slides se possível. Dividir os alunos em dupla e solicitar que eles respondam as seguintes questões abertas: Em qual orifício a água jorra com mais velocidade e por que isso ocorre? Discuta como a pressão varia

			dependendo da profundidade do orifício considerado?
	5ª Aul a	Conteúdo	Conceitual
		Duração	Hora/aula: 55 minutos
		Descrição	Corrigir as duas questões abertas e realizar exercícios de fixação.
Atividades de Avaliação	6ª Aul a	Conteúdo	Conceitual
		Duração	Hora/aula: 55 minutos
		Descrição	Avaliação: Prova em dupla, com seis questões, sendo destas seis, três objetivas e três discursivas. Esta avaliação tem um valor de seis pontos, acordados inicialmente com os alunos.
	7ª Aul a	Conteúdo	Conceitual
		Duração	Hora/aula: 55 minutos
		Descrição	Apresentação das maquetes construídas pelos alunos, com o propósito de expressarem as possíveis soluções para captação e reaproveitamento da água. Solicitar que na apresentação, busquem apresentar alguns elementos que se relacionam com o Teorema de Stevin.

A opção pelo uso da SEI se justifica por sua ênfase na problematização dos conteúdos de Física e por privilegiar a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, e ressaltar o papel mediador do professor (SÁ, LIMA e AGUIAR JUNIOR, 2011). Portanto, na proposição desses problemas, busca-se uma relação direta com os conteúdos trabalhados nas aulas de Física.

No primeiro momento da etapa de problematização, introduzimos a aula com a apresentação de dois vídeos curtos⁶, sendo o primeiro uma reportagem sobre problemas climáticos apresentada por um programa de grande repercussão na mídia nacional. O segundo foi um filme de animação sobre a importância de não se desperdiçar a água. A intenção que tínhamos ao expor essas ferramentas audiovisuais é mobilizar os estudantes frente ao problema que pretendíamos abordar (AZEVEDO, 2004).

A escolha desses vídeos, ocorreu após um período de buscas em sites de compartilhamentos de vídeos na internet, como o Youtube. Após essa consulta, optamos por utilizar uma reportagem sobre mudanças climáticas, por entender que a matéria contextualizaria a questão sobre o porquê dos baixos índices de chuvas nos últimos meses. A opção pelo segundo vídeo foi motivada pela temática do desperdício da água, que seria o ponto de partida para a nossa problematização.

Depois da exposição dos vídeos, um breve diálogo foi realizado com a turma, mediado pelo professor/pesquisador, com a intuito de mobilizar os alunos quanto à importância de se evitar o desperdício de água. Foi proposto o seguinte problema:

Dada a importância da reutilização da água, devido à crise hídrica que estamos vivendo, como você viabilizaria maneiras de reaproveitar a água da chuva aqui na escola?

Feito isso, os alunos tiveram quinze minutos para, em grupos de até cinco integrantes, levantarem hipóteses que permitissem prever possíveis soluções.

⁶Tanto o primeiro quanto o segundo vídeo estão disponíveis, respectivamente, nos endereços eletrônicos a seguir: <https://www.youtube.com/watch?v=Nm8tPLcLn84> e <https://www.youtube.com/watch?v=hLFAbbcYePw>. O primeira mostra uma reportagem apresentada pelo programa Fantástico da emissora de televisão Rede Globo. O segundo é um filme de animação com ênfase ambiental.

Fizemos gravações e vídeo das aulas, e gravações em áudio, das conversas dos alunos em pequenos grupos. Nesta perspectiva, pedimos que cada grupo gravasse seus diálogos utilizando celular próprio e depois envia-los para o professor/pesquisador por meio de um aplicativo de mensagens. No laboratório de informática onde eles fizeram a pesquisa para testar as hipóteses levantadas, eu, professor/pesquisador, registrei todo o evento em vídeo e áudio, utilizando uma câmera.

Em seguida, os alunos foram dispostos em círculos para a socialização das primeiras ideias. O tempo previsto para esta etapa era de quinze minutos, o que completaria a primeira aula.

Nos dados produzidos nesta etapa buscamos indícios de aprendizagens procedimentais e atitudinais, segundo Azevedo (2004) e Pozo e Gómez Crespo (2009).

Quadro 3: Síntese das atividades investigativas e dos instrumentos de registro dos dados.

ETAPA DE PROBLEMATIZAÇÃO	
ATIVIDADES INVESTIGATIVAS	INSTRUMENTOS DE REGISTRO
<p>Questão disparadora de discussão após exibição dos vídeos.</p> <p>Como poderíamos proceder para evitar o desperdício de água?</p>	<p>Gravação em vídeo da aula</p> <p>Transcrição de fragmentos da discussão entre alunos e professor.</p>
<p>Proposição do problema elaborado para contemplar esta SEI</p> <p>Dada a importância da reutilização da água, devido à crise hídrica que estamos vivendo, como você viabilizaria maneiras de reaproveitar a água da chuva aqui na escola? Pensem e anotem por que vocês acreditam que dessa forma irão resolver o problema.</p>	<p>Gravação em vídeo das discussões em pequenos grupos e gravação em vídeo do momento de socializar as hipóteses.</p> <p>Transcrição de fragmentos desta aula com as hipóteses sugeridas pelos alunos e a mediação desta discussão pelo professor/pesquisador.</p>

<p>Questão disparadora para gerar dados sobre as possíveis soluções encontradas pelos alunos.</p> <p>Pesquisem a solução encontrada por vocês para o problema proposto.</p>	<p>Gravação da aula no laboratório e produção textual dos alunos.</p> <p>Recolhimento das produções textuais dos alunos, reflexão em diário de campo sobre o evento ocorrido no laboratório e na socialização dos resultados.</p>
<p>Proposta de construção de uma maquete representando a solução encontrada para a situação-problema.</p> <p>Vocês fizeram sugestões para captar e reaproveitar a água da chuva. Agora vocês irão expor estas ideias na forma de uma maquete.</p>	<p>Gravação em vídeo e áudio do processo de elaboração e construção da maquete.</p> <p>Transcrição completa do áudio de três grupos sobre a construção e explicação da maquete.</p>

A aula seguinte iniciou-se com a retomada da discussão e posterior saída com os alunos para o laboratório de informática. Lá eles puderam fazer consultas a fim de testar as hipóteses inicialmente levantadas, ficando então, toda aula reservada para este fim.

Os dados produzidos pelos instrumentos descritos no Quadro 3 foram transcritos pelo professor/pesquisador. Para efeito de análise foram utilizadas para análise as transcrições de registros orais e escritos produzidos em diversos momentos. Durante o teste e socialização das propostas de soluções apresentadas pelos alunos utilizamos a produção textual. Já nos momentos em que os estudantes explicam a construção da maquete, utilizamos a transcrição das falas dos grupos.

Ao iniciarmos a terceira aula da sequência, dispomos novamente os alunos em um grande círculo e socializamos as propostas elaboradas, que foram, então, discutidas por aproximadamente 20 minutos, sendo solicitado aos alunos que produzissem uma maquete para expressar suas soluções propostas por eles. Após uma breve discussão sobre a maquete, iniciamos a etapa de aprofundamento de conteúdo, na

qual apresentamos o Teorema de Stevin. Para construção das maquetes, solicitamos aos alunos que gravassem em vídeo e áudio todo o processo, e enviassem esses registros para o professor/pesquisador, além de fazermos anotações em diário de campo, refletindo sobre como os alunos estavam se comportando frente ao desafio de buscar soluções para um problema real, vivenciado por eles na escola.

Na etapa de aprofundamento do conteúdo, iniciamos propondo outra situação-problema⁷, que consistia em encontrar uma possível solução para o mau funcionamento de um chuveiro doméstico, atribuído a uma suposta insuficiência da pressão da água. Os alunos, ainda dispostos em um grande círculo, relataram suas opiniões para resolver o problema do chuveiro. Isso ocorreu muito rapidamente, não ultrapassando cinco minutos.

Novamente dispomos os alunos em pequenos grupos para realizar uma demonstração experimental. Neste momento, os alunos foram desafiados a fazer um furo numa garrafa plástica, posicionando-o de modo a produzir um jato de água com o maior alcance possível. Os alunos tiveram então, o tempo restante da aula para discutir, refletir, até chegarem a uma conclusão (AZEVEDO, 2004).

Iniciamos a quarta aula retomando a demonstração experimental, realizada dentro da própria sala de aula. Depois realizamos uma nova discussão ouvindo as explicações dos alunos, que procuravam justificar o posicionamento escolhido para o furo na garrafa plástica. A partir dessas respostas e com o auxílio da demonstração experimental expomos, por meio de apresentação em slides, o conteúdo sobre o Teorema de Stevin. Finalizando a aula, os alunos foram organizados em duplas, para responder duas questões abertas propostas na SEI. (AZEVEDO, 2004).

⁷ Essa situação-problema está descrita no produto educacional, no Apêndice I desta dissertação.

Dando continuidade à nossa SEI, a aula teve início com a discussão das duas questões abertas propostas ao final da última aula, e prosseguiu até o final com solução de exercícios sobre o Teorema de Stevin. Por fim, na sexta aula, os alunos fizeram em dupla uma avaliação com questões objetivas e discursivas, e na sétima aula, finalizamos com uma apresentação da maquete no laboratório de Física/Química/Biologia.

Quadro 4: Síntese dos instrumentos e formas para coleta de dados para análise da etapa aprofundamento de conteúdo.

ETAPA DE APROFUNDAMENTO DE CONTEÚDO	
ATIVIDADES INVESTIGATIVAS	INSTRUMENTOS DE REGISTRO
<p>Questão aberta proposta para realização da demonstração experimental investigativa</p> <p>Quero que vocês pensem e anotem como irão fazer para que o filete de água alcance a maior distância? Onde devo fazer um furo na garrafa para que o filete de água alcance a maior distância?</p>	<p>Gravação em áudio das interações entre os alunos nos pequenos grupos</p> <p>Transcrição de fragmentos dos áudios.</p> <p>Produção Textual dos alunos</p> <p>Recolhimento e transcrição da produção textual dos alunos.</p>
<p>Questões abertas disparadoras para levantar dados sobre indícios de aprendizagem conceitual.</p> <p>Questão 01). Em qual orifício a água jorra com mais velocidade e por que isso ocorre?</p> <p>Questão 02). Discuta como a pressão varia dependendo da profundidade do orifício considerado?</p>	<p>Produção Textual dos alunos</p> <p>Análise das respostas categorizadas a partir de Trazzi e Oliveira (2016)</p>

Os dados produzidos na etapa de aprofundamento, quando propusemos a demonstração experimental investigativa, reúnem fragmentos da transcrição dos registros em áudio e também das produções escritas dos estudantes. Esses dados se complementavam proporcionando-nos o entendimento de que os objetivos propostos para a atividade estavam sendo atingidos (Quadro 4).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão discutidas e analisadas cada uma das etapas da Sequência de Ensino Investigativa sobre o Teorema de Stevin, a partir de uma situação real vivida na escola em que se desenvolveu a pesquisa. O estabelecimento da relação entre os aportes teóricos que embasam o Ensino por Investigação e a realidade concreta do professor que se dispõe a implementar na sua sala de aula as etapas de uma Sequência de Ensino Investigativa mostrou-se um desafio desde o início do trabalho. Na farta literatura que reafirma as contribuições da abordagem investigativa para a educação em Ciências e destaca as condições para a implementação de uma SEI em sala de aula, nem sempre explicita-se a perspectiva do professor que viveu os percalços, as incertezas e as surpresas vivenciadas nesse processo. Quase sempre a ênfase está posta nas experiências bem-sucedidas. Por esta razão, procuramos ao longo deste estudo, dar visibilidade aos dilemas e experiências de aprendizado do professor, entendendo a implementação da SEI também como uma prática formativa.

No contexto específico deste trabalho, a escola buscava alternativas para construir um sistema de captação e reaproveitamento da água proveniente da chuva em meio a uma grande crise de abastecimento de água provocada por um período de chuvas escassas no estado do Espírito Santo. Em face desse desafio, o professor/pesquisador implementou a Sequência de Ensino Investigativa que culminou na apresentação de propostas elaboradas pelos alunos em forma de maquetes, que buscavam apontar possibilidades para a suposta construção do sistema de captação de água, com base em conceitos de Hidrostática. Embora os resultados aqui apresentados enfatizem mais especificamente o processo de formação dos conceitos de Hidrostática relativos à pressão nos fluidos estáticos, expresso pelo Teorema de Stevin, há um segundo processo de desenvolvimento acontecendo subjacente às etapas da SEI, que dizem respeito aos saberes profissionais que foram sendo construídos no percurso. Portanto, as dificuldades enfrentadas no momento da condução da atividade, são hoje ainda melhor compreendidas, na medida em que aprofundamos a reflexão suscitada pelas leituras

e pelas análises, tornando ainda mais enriquecedor esse processo de desenvolvimento profissional através da pesquisa.

Para fins de análise consideramos todos os momentos da Sequência de Ensino Investigativa, desenvolvida segundo os pressupostos teóricos e metodológicos propostos na literatura (BORGES, 2002; AZEVEDO, 2004; SÁ, LIMA, AGUIAR JR., 2011; ZÔMPERO e LABURÚ, 2012; CARVALHO, 2013).

Com base nas produções textuais dos estudantes, nas gravações das aulas ministradas pelo professor/pesquisador e pelos áudios gravados durante as discussões em grupos realizadas pelos alunos, procedemos a categorização dos dados produzidos, considerando aspectos emergentes em cada um dos momentos da SEI.

4.1 ETAPA DE PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Para analisar a etapa de problematização inicial retomamos os registros de como foi a empreitada realizada pelos alunos em busca de uma possível solução para o desafio proposto.

Tendo em vista as condições necessárias para a implementação desta etapa segundo as propostas de Carvalho (2013), buscamos nos dados levantados nessa etapa de problematização verificar como os alunos utilizam os conhecimentos cotidianos para construir hipóteses enquanto se empenham na resolução do problema. Buscamos investigar como eles interagem com o problema, se o grupo é capaz de argumentar e refletir elaborando ações para testar as hipóteses e como verificam se a solução apresentada é viável ou não. Buscamos também analisar quão relevante é o grau de abertura do problema proposto para que os resultados esperados do processo de formação dos conceitos, procedimentos e atitudes sejam efetivamente atingidos.

Outra dimensão importante que procuramos destacar é a contribuição da problematização, isto é, da abordagem problematizadora de conceitos científicos para o desenvolvimento de valores, atitudes e procedimentos foram desenvolvidos ou demonstrados pelos alunos, durante todo o processo de investigação, em especial na etapa de problematização inicial. Essas dimensões conceituais, atitudinais e procedimentais devem ser levadas em consideração sempre que se deseja construir um pensamento científico nos estudantes (POZO e GÓMEZ CRESPO; 2009).

Para os autores, muito mais do que ensinar os conhecimentos científicos produzidos ao longo do tempo, é preciso também, ensinar sobre a ciência, isto é, “[...] *ter atitudes com respeito à ciência, atitudes com respeito à aprendizagem da ciência [...] e [...] ensinar aos alunos procedimentos para a aprendizagem de ciências*”. (POZO e GÓMEZ CRESPO; 2009, pp. 38 - 47).

No que concerne aos dados relativos às aprendizagens atitudinais e procedimentais observadas, consideramos o sistema de categorização elaborado por Souza (2014) baseado em POZO e GÓMEZ CRESPO (2009).

Tipos de Aprendizagens	Categorias de aprendizagens	Aprendizagens inferidas ao longo da atividade
Atitudinal	Atitudes com respeito à ciência	A1: Ter um posicionamento crítico e investigativo perante situação-problema
	Atitudes com respeito à aprendizagem de ciências	A2: Trabalhar em grupo de forma colaborativa A3: Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças
Procedimental	1. Aquisição da informação	P1: Estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou linguagem oral
	2. Interpretação da informação	P2: Interpretar ideias estruturadas e executar procedimentos
	3. Análise da informação e realização e inferências	P3: Elaborar Hipóteses P4: Desenvolver/Aplicar modelos explicativos P5: Testar hipóteses
	4. Compreensão e organização conceitual da informação	P6: Realizar inferências P7: Construir sínteses P8: Fazer Generalizações para outros contextos
	5. Comunicação da Informação	P9: Realizar exposição oral P10: Elaborar relatório

Figura 5: Procedimentos e atitudes empreendidos na etapa de problematização inicial, produzido por Souza (2014, p. 89), adaptado de POZO; GÓMEZ CRESPO (2009).

Embora não seja a ênfase principal deste estudo, buscamos destacar nos trechos transcritos dos diálogos e das produções textuais produzidas pelos alunos indícios que apontam para o desenvolvimento de aprendizagens não apenas conceituais, mas também atitudinais e procedimentais no transcorrer das práticas investigativas.

Ao longo desta seção iremos descrever como se desenrolaram os acontecimentos relativos à etapa de proposição do problema. A maior preocupação do professor/pesquisador nesse momento era perceber se os alunos se mobilizariam frente à situação-problema apresentada e se a forma como ela foi apresentada estimularia o processo de construção de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais (AZEVEDO 2004, POZO e GÓMEZ CRESPO; 2009).

4.1.1 Proposição do problema

Tendo desconstruído a ideia de que toda problematização envolve uma situação experimental, à qual corresponde uma formulação matemática, procuramos, no momento da proposição do problema utilizar uma linguagem diferente, isto é, recorreremos à linguagem audiovisual através de vídeos.

Segundo Morán (1995) é possível experimentarmos o mundo de maneira sensorial através do vídeo. O autor reitera sua fala ao afirmar que:

O vídeo é sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não-separadas. Daí a sua força. Somos atingidos por todos os sentidos e de todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços. (MORÁN, 1995, p.28)

O tema proposto, aparentemente desconexo do conteúdo da Física, também foi utilizado de forma intencional, a fim de situar o conhecimento físico num contexto mais amplo. Os vídeos tinham o intuito de sensibilizar e mobilizar os conhecimentos dos alunos quanto à importância e à necessidade de se preservar o meio ambiente, especialmente os recursos hídricos.

Com a linguagem audiovisual podemos desenvolver “*múltiplas atitudes perceptivas*” acerca da necessidade de buscar alternativas para diminuir o desperdício de água, além de desenvolver constantemente comunicação entre todos os sentidos dos estudantes (MORÁN, 1995, p. 29).

Após a exibição dos vídeos, com os alunos organizados em grupos, promovemos a discussão dos aspectos mais relevantes apontados pelo documentário e pelo desenho animado. Os alunos foram questionados pelo professor/pesquisador sobre o tema central dos vídeos e como eles procederiam para lidar com a problemática abordada. Segue a transcrição de um dos momentos de diálogo entre o professor e os grupos.

Quadro 5: Episódio 1 – Fragmentos das falas do professor e dos grupos de estudantes após apresentação dos vídeos.

Professor: *O primeiro documentário falava sobre o que?*

Grupo 01: *mudanças climáticas.*

Grupo 02: *aumento da temperatura da Terra.*

Professor: *E a segunda simulação falava sobre o que? Vocês lembram?*

Grupo 03: *sobre a água*

Grupo 01: *desperdício da água.*

Grupo 04: *do peixinho que morre sem água.*

Professor: *o que iria acontecer com o peixinho se o ser extraterrestre não aparecesse?*

Grupo 01: *iria morrer.*

Professor: *Mas porque ele iria morrer?*

Grupo 02: *por causa do desperdício da água*

Grupo 05: *porque a água está acabando.*

Professor: *Então, pensando nisso, como que vocês iriam proceder para evitar esse desperdício de água?*

Grupo 05: *tomar banho com o chuveiro desligado*

Grupo 02: *não desmatando*

Grupo 03: *desligar a torneira na hora de escovar os dentes.*

As respostas sinalizam que os estudantes possuem algum conhecimento sobre possíveis medidas para evitar o desperdício de água. O recurso audiovisual alcançou o propósito de introduzir o problema existente naquele contexto social, que era a crise hídrica. O processo de mediação do professor/pesquisador através da contextualização promovida pelo recurso audiovisual sensibilizou os estudantes acerca dos impactos ambientais a que essa crise nos expõe, motivando-os a buscarem alternativas de solução para essa situação problemática.

É preciso tomar cuidado para que o problema não se apresente de maneira isolada e perca sua verdadeira função, tornando-se um fim em si mesmo. Por isso foi importante e necessário introduzir o problema da captação e do reaproveitamento da água da chuva de maneira gradual, a começar pela sensibilização e mobilização dos estudantes para o debate a respeito da crise hídrica. Pelo diálogo estabelecido entre

o professor e a classe e pelo engajamento dos alunos em encontrar possíveis soluções para o problema, a linguagem audiovisual mostrou-se uma ferramenta bastante apropriada para introduzir o tema e provocar o interesse dos estudantes para a situação-problema que lhes seria apresentada.

Concluído o momento de discussão com a turma, os alunos foram divididos em pequenos grupos de cinco integrantes e desafiados a encontrar uma possível solução para o seguinte problema:

Dada a importância da reutilização da água, devido à crise hídrica que estamos vivendo, como você viabilizaria maneiras de reaproveitar a água da chuva aqui na escola?

Foi dado um tempo de aproximadamente dez minutos para que os grupos pudessem discutir e pensar num modo para resolver essa situação problema.

A otimização do tempo nas salas de aula tem sido um exercício constante por parte dos professores de Física, em função da organização dos horários escolares, cada vez mais compartimentalizados. Assim sendo, apesar do tempo reduzido, todos os grupos puderam concluir a tarefa e à medida em que os grupos iam terminando, pedíamos que eles se dispusessem em círculos, para que pudessem promover a discussão das hipóteses levantadas por eles. Toda essa etapa de discussão em grupos foi registrada em vídeo.

É importante salientar que durante o momento de discussão em grupos menores, foi preciso que o professor a todo instante estivesse lembrando o problema aos alunos, solicitando que eles, ao apresentarem suas ideias, descrevessem o modo como iriam proceder e por que achavam que a solução que estavam propondo iria funcionar. Segundo Carvalho (2013), durante o período em que os estudantes se deparam com o problema e começam a formular soluções para tentar resolvê-lo, invariavelmente eles recorrem ao professor, com o intuito de não se perderem no processo. A autora ainda ressalta que:

Quando um professor propõe um problema para seus alunos, ele está passando a tarefa de raciocinar para o aluno, logo sua função não será mais a de expor, e sim a de orientar e mediar as reflexões dos estudantes na construção deste conhecimento. (CARVALHO, 2011, p.3.)

Nas pesquisas que tratam do ensino de ciências por investigação diversos autores reafirmam a importância de propor um problema para impulsionar o processo de construção do conhecimento científico por parte dos estudantes. Autores como Carvalho *et. al* (1999), Borges (2002), Azevedo (2004), Sá, Lima, Aguiar Jr., (2011), Zômpero e Laburú, (2012), Machado e Sasseron (2012) e Carvalho (2013), enfatizam que problematizar é mais que elaborar perguntas e fazê-las aos alunos. Problematizar é propor situações que fazem sentido para os estudantes, de maneira que eles tenham o desejo e o interesse em descobrir as formas de resolver tal questão, e assim construir o conhecimento necessário para tal empreitada. Segundo Carvalho *et. al* (1999, p. 45), problematizar é “*apresentar uma questão que possa ser o ponto de partida para a construção do conhecimento*”. Dessa forma é importante destacarmos e analisarmos o grau de abertura do problema proposto.

Segundo Borges (2002), um problema ou situação problematizadora, pode ser categorizada em diversos níveis de abertura, como mostra a tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Níveis de investigação no laboratório de ciências (TAMIR, 1991 *apud* BORGES, 2002).

Nível de abertura	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.23)

Baseando-se nos trabalhos apresentados por Borges (2002) e posteriormente por Sá, Lima, Aguiar Jr. (2011), entendemos que o problema proposto pode ser

enquadrado no nível 2 de abertura, uma vez que, somente a situação-problema é dada pelo professor, cabendo aos próprios estudantes a elaboração de toda a etapa procedimental e das conclusões a partir do trabalho realizado.

Foi possível por meio das gravações das aulas, e de um trecho extraído do diário de campo produzido ao longo da SEI, observar um indício de mudança de atitude por parte dos estudantes.

A aula começou com uma breve apresentação de dois vídeos, um sobre mudanças climáticas apresentada pelo programa fantástico a aproximadamente 5 anos atrás e outro sobre desperdício de água. Foi perceptível o interesse dos alunos pelo assunto discutido, em que a ênfase foi a crise hídrica que estamos atravessando. A maioria dos alunos estavam atentos ao que era transmitido pelo vídeo. Após uma breve discussão sobre como evitar o desperdício de água, o problema inicial foi lançado para os alunos.

Percebi que o problema suscitou um interesse nos alunos, pois todos se dispuseram a pensar maneiras de captar e reaproveitar a água da chuva na escola.

A maioria deles estavam dispostos e interessados em explanar como eles iriam fazer para resolver o problema. (*Diário de campo, 19 de setembro de 2016*)

Os dados sinalizam que, o nível de abertura do problema proposto, suscitou nos alunos, uma atitude mais participativa, dialógica e reflexiva, uma vez que, em grupos pequenos, eles trabalhavam em equipe, levando-nos a inferir a ocorrência de um processo de desenvolvimento da atitude “trabalhar em grupo de forma colaborativa (Figura 5, A2) respeitando as ideias contrárias, e por vezes valendo-se de seu posicionamento para exercer um papel de liderança. Além disso, eles também demonstravam mais desenvoltura na construção de modelos explicativos sobre a forma de se reaproveitar a água da chuva na escola se posicionando criticamente perante a problematização sobre a crise hídrica que vivenciamos até o presente momento (Figura 5, P4). Tais atitudes e procedimentos estão em conformidade com os conteúdos atitudinais e procedimentais que se espera desenvolver por meio da educação em ciências. (AZEVEDO 2004, POZO e GÓMEZ CRESPO; 2009).

Outro ponto importante a ser destacado nesta etapa é a não proposição de um conceito físico logo de início. Ao contrário, queríamos que a introdução de conceitos relacionados a hidrostática, partisse da solução de um problema concreto,

vivenciado no âmbito escolar e no contexto social dos estudantes. Com isso aspirávamos enfatizar a importância de um ensino de física contextualizado, que contribua para a percepção, por parte dos estudantes, do papel social da ciência e das suas aplicações tecnológicas. Carvalho (2013) vai corroborar este nosso posicionamento ao afirmar que:

É preciso criar condições a fim de que o cotidiano seja problematizado em sala de aula. Abordar o ensino-aprendizagem de ciências dessa perspectiva envolve dar ênfase a processos de investigação e não a apenas conteúdos acabados. (CARVALHO, 2013, p. 23)

Dentro de nossa proposta de ensino de Física a partir dos pressupostos teóricos e metodológicos do ensino de ciências por investigação, a partir da problematização uma situação concreta, que foi a crise hídrica, procuramos, dentro do possível, criar condições favoráveis ao desenvolvimento atitudinal e procedimental dos estudantes, construindo uma situação que lhes propiciou um olhar diferenciado sobre a influência do conhecimento científico e tecnológico no seu cotidiano (CARVALHO, 2013).

4.1.2 Levantamento de hipóteses

O momento de problematização teve início com a apresentação e discussão dos vídeos e culminou com o levantamento de possíveis soluções para o problema proposto, demandando o tempo de uma aula inteira. Assim sendo, a aula seguinte iniciou-se com os alunos organizados em círculo, para que pudessem partilhar as ideias que eles tiveram para captar e reaproveitar a água da chuva na escola.

A escolha dessa forma de organização, foi decidida após vários testes pilotos com outras atividades investigativas que ocorreram ao longo do ano, como forma de inserir tanto o professor, quanto os alunos nesta perspectiva de ensino e aprendizagem. Nestas atividades propostas durante o período que antecedeu a atividade investigativa utilizada para fins de produção e análise de dados de

pesquisa, percebemos que organizados em círculos, os alunos respeitavam os demais colegas e tinham mais atenção e interesse no que o outro aluno tinha a dizer.

Quando eles estavam organizados em pequenos grupos, observamos que a turma ficava demasiadamente dispersa, o que dificultava a atividade investigativa. Era perceptível que nas primeiras experiências os alunos ainda dependiam bastante do direcionamento do professor e o fato de estarem dispostos em pequenos grupos não era, por si só, garantia de interação produtiva entre eles.

Autores como Azevedo (2004), Sá, Lima, Aguiar Jr. (2011), validam nossa observação, quando dizem que, em durante o momento de socialização de ideias, é necessário valorizar o debate e a argumentação, pois nessa hora o que é importante numa proposta de ensino de ciências por investigação é:

Criar oportunidades para que eles explorem as ideias que têm, confrontem suas ideias com outras novas, duvidem, questionem e se engajem na busca de uma resposta para a situação-problema. (SÁ, LIMA, AGUIAR JR., 2011, p.13)

Para os autores, proporcionar condições que favoreçam a promoção do debate e da argumentação entre professor e estudantes e entre os próprios estudantes, constitui uma etapa pedagógica essencial para a construção do conhecimento científico. Os PCN+ corroboram essa ideia, reforçando a necessidade de criar atividades que instiguem os educandos a refletir em distintas maneiras e níveis. Segundo eles:

Para que todo o processo de conhecimento possa fazer sentido para os jovens, é imprescindível que ele seja instaurado por meio de um diálogo constante entre alunos e professores, mediado pelo conhecimento. Assim, devem ser contempladas sempre estratégias que contribuam para esse diálogo. (BRASIL, 2002, p. 83).

É importante ressaltar que, esse desenvolvimento do educando, deve sempre levar em consideração o interesse e a necessidade do estudante frente a situação problema criada.

Abaixo temos a transcrição do momento de levantamento de hipóteses e socialização destas por parte dos estudantes. Tivemos o cuidado de transcrever na íntegra toda a conversa realizada entre os estudantes com a mediação do professor.

Quadro 6: Episódio 2: Momento de socialização das hipóteses dos estudantes para a solução do problema proposto.

Professor: *Então gente, na nossa última aula, nós assistimos dois vídeos que falavam sobre os problemas relacionados a falta de água, e vocês foram desafiados a buscar uma solução para esse problema. Então foi proposto o seguinte desafio para vocês: Como vocês viabilizariam maneiras de se captar e reaproveitar a água da chuva aqui na escola? Vocês discutiram e agora a gente vai socializar essas respostas:*

Grupo 01: *professor o nosso grupo pode começar: o nosso grupo colocou em tópicos a seguintes ações: lavando a escola, as salas, o corredor, os banheiros, regando as plantinhas e tal, e assim nós não estaríamos desperdiçando a água da caixa.*

Grupo 02: *a gente pensou em encher os baldes para lavar os banheiros e corredores, e filtrar a água da chuva para reaproveitar na caixa para lavar a cozinha as louças e outras coisas.*

Professor: *E Vocês pensaram em como iriam fazer para encher esses baldes?*

Grupo 02: *ué, deixar eles em vários tonéis na chuva com canos, e a água caindo nesses canos nesses baldes.*

Grupo 03: *o meu era o seguinte. Tipo: a gente pode utilizar uma calha, tá ligado, utiliza a calha e com essa água da chuva que a gente vai juntar, a gente pode utilizar para lavar o corredor, regar as plantinhas, dar banho no cachorro. Pode também colocar um balde debaixo do ar condicionado, tá ligado, onde ficam as goteiras, dar para reutilizar e assim vai indo.*

Professor: *mais algum grupo!*

Grupo 04: *a gente colocou a mesma coisa.*

Professor: *não tem problema, pode falar.*

Grupo 04: *pra lavar o corredor, regar as plantinhas.*

Professor: *mas como iriam fazer isso?*

Grupo 04: *reaproveitando a água da chuva. Colocar uma caixa d'água aberta resolve.*

Professor: *será que não teria outra maneira de fazer essa água entrar na caixa? (Confusão de falas de vários grupos).*

Grupo 01: *coletar com a calhar da escola*

(Vários grupos falando simultaneamente):

Grupo 05: *Professor! Nós poderíamos colher a água do ar condicionado também.*

Professor: *Boa ideia. Mas como vocês iriam colher essa água do ar condicionado?*

Grupo 05: *pegando a ideia do (...), esses canos, colocaria eles diretamente em um tonel, em cada ar condicionado virava um tonel.*

Professor: *será que aqui na escola, tem essas calhas que possam captar essa água?*

Grupo 06: professor, professor, ele quer falar. Dar para usar para o banheiro, regar as plantas e tal, aí tipo tem que pegar, o telhado ele é assim, tipo ele é tortinho, tipo se tiver uma calha no finalzinho dele, todo água que cair no telhado assim ó, vai direto para o caninho, aí o caninho vai direcionar assim a água e tal.

Professor: Então, após ouvirmos as ideias iniciais de cada grupo, nosso próximo passo, é testá-las, ou seja, vamos ao laboratório de informática, para que cada grupo possa fazer uma pesquisa e verificar se sua ideia é viável ou não para resolver o problema da água.

O episódio 2 sinaliza que a maioria das ideias iniciais trazidas pelos estudantes referiam maneiras de se evitar o consumo de água da escola, utilizando a água da chuva como alternativa para determinadas situações: lavar o corredor, os banheiros, regar as plantas do jardim da escola, dentre outras.

Essas demandas de reutilização da água da chuva, apresentam-se claramente para os estudantes, uma vez que, é comum para eles observarem os funcionários da limpeza da escola, utilizando água para as tarefas citadas pelo grupo 01, por exemplo. A maioria dos alunos sabiam que água da chuva não era própria para o consumo e, portanto, ficou claro nos dados acima a destinação que eles pretendiam dar à água captada. Observamos ainda que no início do episódio 2, os grupos traziam como proposta a reutilização da água da chuva sem, no entanto, descrever a forma como iriam fazer para captar esta água. No contexto de um ensino pautado pela investigação, o momento de socializar as hipóteses não pode prescindir do papel mediador do professor, no esclarecimento de algumas ideias que possam fugir totalmente da intencionalidade pedagógica do problema proposto, não oferecendo oportunidades para que os alunos, ao testar as hipóteses, possam ir construindo um novo conhecimento. Carvalho (2013) se apoia nas teorias vigotskianas para enfatizar a importância da interação professor-aluno nessa etapa do processo:

Vigotski dá muito valor ao papel do professor na construção do novo conhecimento, dentro de uma proposta sociointeracionista, mostrando este como um elaborador de questões que orientarão seus alunos potencializando a construção de novos conhecimentos. (CARVALHO, 2013, p.05)

Percebe-se pela transcrição do momento da aula que o papel exercido pelo professor na condução do diálogo com os grupos foi fundamental para levá-los a pensar em alternativas tecnológicas para viabilizar a captação da água da chuva. Nota-se que na medida em que a conversa vai acontecendo os alunos vão se apropriando das falas dos colegas, até que os últimos grupos conseguem trazer a dimensão da captação por meio de calhas e recipientes externos na escola.

Na perspectiva da produção de conhecimentos procedimentais e atitudinais, (AZEVEDO 2004; POZO e GÓMEZ CRESPO 2009), podemos destacar destes fragmentos transcritos diversas atitudes e procedimentos que a atividade permitiu potencializar. Observamos um posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema, desenvolvido de forma colaborativa por meio de um trabalho em grupo (SOUZA, 2014). O relato do grupo 3 exemplifica uma situação em que a atividade investigativa potencializou os procedimentos de elaborar hipóteses e desenvolver e aplicar modelos explicativos (SOUZA, 2014). Isto pode ser visualizado também quando no diálogo que o grupo 2 estabelece com o professor:

Grupo 2: A gente pensou em encher os baldes para lavar os banheiros e corredores, e filtrar a água da chuva para reaproveitar na caixa para lavar a cozinha as louças e outras coisas.

Professor: E Vocês pensaram em como iriam fazer para encher esses baldes? Grupo 02: Ué... Deixar eles em vários tonéis na chuva com canos, e a água caindo nesses canos nesses baldes.

Isto posto, podemos inferir que já nesta fase da etapa de problematização inicial, foi possível detectar indícios de aprendizagens procedimentais e atitudinais por parte dos alunos, isto é, de “[...] atitudes com respeito a ciência, atitudes com respeito a aprendizagem de ciência, [...] e de análise da informação e realização de inferência” (POZO E GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 59).

Após a socialização das ideias iniciais, os alunos foram conduzidos para o laboratório de informática para que pudessem pesquisar e testar suas ideias, confrontando-as com outras possíveis alternativas já existentes, para assim resolver o desafio lançado pelo professor. A permanência no laboratório de informática teve a duração de cinquenta e cinco minutos, correspondente a um período de aula. Os dados obtidos por meio das gravações dessa aula mostram que todos os estudantes mantinham uma postura ativa, pesquisando com afinco as informações necessárias para corroborar e fundamentar a sua proposta de solução para o problema.

Vale ressaltar que esse momento foi muito marcante para o professor/pesquisador, que enfim começava a ganhar mais segurança na condução da atividade, na mesma medida em que dava maior autonomia aos alunos para encaminharem suas produções. Era possível contrastar esta atitude com a postura inicialmente adotada pelo professor, que mostrava-se impaciente e ansioso diante das respostas “erradas” dos alunos. Nesta etapa da SEI já era mais fácil conduzir a atividade, de modo a estimular os alunos a buscar informações, reformular explicações e fundamentar suas ideias.

4.1.3 Testando as hipóteses e encontrando possíveis soluções para o problema

Nesta seção os dados que trazemos vão apontar os caminhos tomados pelos estudantes para a solução do problema, inicialmente testando suas ideias e depois modelando-as através de uma maquete projetada e construída por eles.

Abaixo temos as propostas de alguns grupos.

A água da chuva é coletada pela calha, desce pelo cano, e no cano tem um filtro de água que coleta a sujeira (a maioria), a água que desce pelo cano passa por outro filtro (um filtro purificador de água), depois essa água filtrada vai para o reservatório, passa por um cano para chegar até a bomba, que bombeia a água para uma caixa d'água. A água filtrada que recebemos da caixa azul, é utilizada para lavarmos a mão e tomar banho, já a água da caixa verde é utilizada no vaso sanitário, para lavar o chão e irrigar as plantas. (Grupo 01)

Nossa ideia é utilizar a água da chuva pela calha. Usando um barril, panos e uma peneira para filtrar a água. Ligamos um cano da calha ao barril e quando a água da chuva caísse no barril ela seria filtrada e sairia por uma torneira para ser usada para diversas coisas. (Grupo 02)

Fazer um reservatório, para reutilizar a água que cai nas calhas (que já estão disponibilizadas na escola) e fazer um caminho (usar um cano), que ligado ao reservatório, faça com que a água caia diretamente nesse reservatório, e utilizar uma tela que sirva como um filtro, para que quando a água cair no reservatório, caia de certa forma dizendo "LIMPA". E assim fazer um buraco para que seja encaixada uma torneira, para facilitar o reuso dessa água. (Grupo 03)

Os dados acima nos permitem perceber que os estudantes inicialmente pensavam em possíveis soluções para o problema abrangendo tão somente a questão do reaproveitamento da água. Inicialmente as propostas se voltavam para as diversas maneiras de reduzir o consumo de água tratada e canalizada, passando a utilizar a água da chuva na escola. Nota-se que as ideias começam a evoluir abrangendo outras dimensões do problema, que requerem a elaboração de um sistema de captação e distribuição da água da chuva, para só depois pensar nas diversas possibilidades de utilização da água captada.

Dessa forma podemos observar que o grupo 01 inicia o seu relato dizendo como a água da chuva será coletada e depois avança descrevendo o caminho que ela percorrerá e quais os cuidados que se deve ter para poder reutilizá-la.

Embora não seja tão rico em detalhes, o relato do grupo 02 segue a mesma estrutura, iniciando pela descrição do modo como a água será coletada e posteriormente quais caminhos ela percorrerá até poder ser reutilizada. Mais uma vez percebe-se o desenvolvimento de um dos conteúdos procedimentais apontados por Souza (2014), que é a capacidade de testar hipóteses.

Outro ponto a ser destacado é que durante a etapa de levantamento de hipóteses, o uso do termo "calhas", só apareceu no final da aula, após quase todos os grupos socializarem suas ideias. Foi necessária a mediação do professor, que buscava, com questionamentos diretos, conduzir os alunos para a compreensão da necessidade de se pensar em um modo para captar a água da chuva e não só reutilizá-la.

Destacamos aqui que esse momento de discussão, seguido pelo período de pesquisa no laboratório de informática contribuíram significativamente para que os alunos avançassem na formulação de soluções para o problema.

Segundo Carvalho *et. al* (1998), o ambiente escolar deve proporcionar tempo, para que os alunos possam relatar, argumentar, refletir, indagar, para a autora, “Ao contar aos outros o que pensam sobre um problema, os estudantes elaboram e refinam seus pensamentos e aprofundam sua compreensão” (CARVALHO *et. al*,1998, p. 31).

Azevedo (2004), ratifica este argumento dizendo que se desejamos que uma atividade seja realmente investigativa, o problema deve fazer sentido para o aluno, isto é, o aluno deverá saber o porquê de se estar realizando tal tarefa. Carvalho *et. al* (1998) e Azevedo (2004), fazem-nos refletir o quanto foi importante proporcionar aos estudantes a oportunidade para manipularem e reelaborarem suas ideias. Para Carvalho *et. al*, (1998):

[...], O professor tem de criar atividades nas quais os alunos possam manipular e explorar os objetos, criar regras de conduta que lhes permitam trabalhar de maneira satisfatória e alegre – sem que a algazarra tome conta da classe -, criar liberdade intelectual para que eles não tenham receio de expor suas ideias e de fazer perguntas. CARVALHO *et al.*, p. 35, 1998)

Nessa perspectiva entendemos que o momento de socialização juntamente com o momento de pesquisa em laboratório corroborou para que os estudantes tivessem meios para testar suas hipóteses, reafirmando as suas ideias ou procurando outras maneiras de se resolver a situação-problema proposta. Abaixo temos a transcrição de um trecho do diário de campo do professor/pesquisador referente ao momento do teste de hipóteses e solução do problema. O professor descreve o seu “desconforto” ao se expor ao “risco” de experimentar novas abordagens pedagógicas, que transcendem as suas práticas costumeiras, por julgá-las mais desafiadoras e relevantes para o processo de aprendizagem dos seus alunos:

Nesta aula os alunos foram conduzidos ao laboratório, para na internet pesquisarem o que tinham pensado para resolver o problema proposto. Confesso que nesse momento em laboratório fiquei extremamente desconfortável, em não direcionar as pesquisas. Por vezes em alguns grupos por descuido ou tradição, guiava alguns grupos mais perdidos. Novamente a aula seguiu tranquila com quase todos os alunos pesquisando e perguntando como fazer a pesquisa. Depois desse momento eles socializaram em sala de aula o que haviam pesquisado. Havia sempre os eleitos a falar, por serem mais desinibidos que outros, mas a maioria estava sempre atenta ao que o colega falava e procurava também expor o que fez. (Diário de campo, 20 de setembro de 2016)

Para que uma atividade seja bem conduzida e, principalmente, para que se torne interessante para os estudantes, ela precisa estar bem planejada, bem organizada e com as proposições das atividades claramente colocadas. (SASSERON, 2013).

Apesar de todo empenho no sentido de assegurar as condições para a implementação de atividades investigativas em sala de aula, do ponto de vista do professor/pesquisador que viveu o pioneirismo desta experiência, pode-se dizer que esta etapa da atividade foi extremamente desafiadora, pois os alunos não tinham um texto de referência ou uma vivência anterior em que pudessem se basear para testar suas ideias. Nunca antes tinham idealizado um sistema de captação e reaproveitamento de água e o caráter inovador da atividade a tornava muito instigante, porém não menos complexa. A escassez de fontes de consulta fez com que investíssemos nas pesquisas no laboratório de informática, o que acabou direcionando quase todos os grupos a elaborarem propostas muito semelhantes. Tendo destinado o período de uma aula inteira para que os alunos pudessem realizar a pesquisa no laboratório, deixamos para a aula seguinte a etapa de sistematização de conhecimento, na qual os alunos iriam demonstrar como resolveram o problema utilizando as maquetes.

Uma vez que os grupos terminaram a pesquisa em laboratório, confirmando suas hipóteses ou encontrado as soluções mais viáveis para o problema, promovemos uma rápida socialização dos resultados em um grande grupo, em círculo, em que cada aluno pudesse ver os outros colegas e relatar o que pensou, explicando como e porque a sua ideia “deu certo”, isto é, como e por que obteve o resultado esperado

(CARVALHO 2013, p. 12). Foi solicitado a cada grupo que elaborasse uma maquete, com o objetivo de demonstrar a sua proposta de solução.

Os dados referentes à construção da maquete, demonstram que todos os grupos levaram em conta o fato de já existirem na escola calhas, canos, caixas d'água e os reservatórios. Isso fez com que todos os grupos considerassem a utilização deste material, o que tornou os projetos muito semelhantes. Porém quando pedimos para que eles representassem essas soluções por meio de maquetes, observamos que cada grupo deu um caráter individual para o seu modelo. Ou seja, mesmo que as fontes de pesquisa para a solução do problema proposto fossem semelhantes, quando os estudantes tiveram a oportunidade de expressar por meio de uma maquete a sua ideia, vimos que prevaleceu a criatividade de cada grupo, originando múltiplas soluções. Esse era, de fato, o resultado pretendido, quando propusemos um problema aberto, que admite múltiplas possibilidades de solução. (Borges, 2002; Azevedo, 2004; Sá, Lima e Aguiar Jr., 2011, Carvalho, 2013).

Pedimos aos alunos que durante a confecção das maquetes registrassem as conversas em áudio, explicando-as. Com esses áudios transcritos podemos analisar como os alunos avançam de uma perspectiva de pesquisa para uma explicação oral, ou seja, que dimensões, são trazidas nas falas dos alunos, o que foi proposto na pesquisa e o que realmente foi realizado.

Quadro 7: Construção da maquete pelos grupos.

Grupo 01	<i>A gente tá fazendo a maquete como aproveitar a água da chuva. O nosso trabalho é sobre o reaproveitamento da água da chuva. Aqui a gente fez umas caixas d'água e aqui também foi feito umas calhas onde foi colocado um cano e o reservatório. E porque que esse reservatório estar tampado? Para evitar a dengue também né. E aqui essas calhas vão servir para quando chover água da chuva vai chegar aqui, vai vim para o cano e vai sair aqui. Aí os baldes serve para lavar a escola e regar as plantas e o banheiro, porém como não for dar descarga serve para jogar água no banheiro. Bom como ela disse aqui foram colocados alguns baldes e essa água desses baldes né que vai ser pegado aqui no reservatório e vai ser jogado no banheiro. Ambiente é para pensar melhor e isso economiza bastante né não vai te custar nada você pegar água dos reservatórios e colocar no balde. Lavar escola né limpar o banheiro além da descarga muita coisa pode ser feita com água desse reservatório.</i>
Grupo 02	<i>Bem essa aqui é nossa maquete de física o reaproveitamento da água da chuva. É o seguinte! A água da chuva vai cair aqui e vai deslizar para essa calha e assim essa água daqui da calha vai passar pela caixa que vai poder ser utilizado pelo reservatório. Então quando a água cair daqui da caixa vai direto para esse reservatório que pode ser utilizado para o uso e o consumo da casa.</i>
Grupo 03	<i>A água da chuva vai escorrer pelo telhado e cair na calha e aí ela vai vir para essa caixa d'água, antes vai passar pela peneira, para peneirar as folhas e a água vai vir para casa e vai poder ser utilizada no banheiro na descarga, regar as plantas, essas coisas, sei lá, e essa água aqui, vai vir para esse recipiente aqui, que vai ser o reservatório que servir para que o caixa estiver muita cheia, e ai tipo, vai ficar duas caixas d'água.</i>

As transcrições dos áudios nos permitem inferir, que mesmo numa fala informal, os estudantes explicam, como a água da chuva será captada, como ela será armazenada, e de que maneira ela poderá ser utilizada. Outro ponto importante foi a ampliação da percepção acerca do problema. Na atividade inicial, todas as ideias levantadas pelos grupos diziam respeito apenas à questão do reaproveitamento, sem nenhuma menção ao sistema de captação. Já nesta etapa, o reaproveitamento aparece no final da explicação, como resultado do processo de captação e distribuição da água da chuva.

A Figura 6, a Figura 7 e a Figura 8, apresentadas abaixo, são exemplos de proposta de solução do problema por meio de maquetes, conforme solicitada em aula de três grupos.



Figura 6 Maquete construída pelos alunos integrantes do grupo 01

Fonte: Formulação própria



Figura 7 Maquete construída pelos alunos integrantes do grupo 02

Fonte: Formulação própria

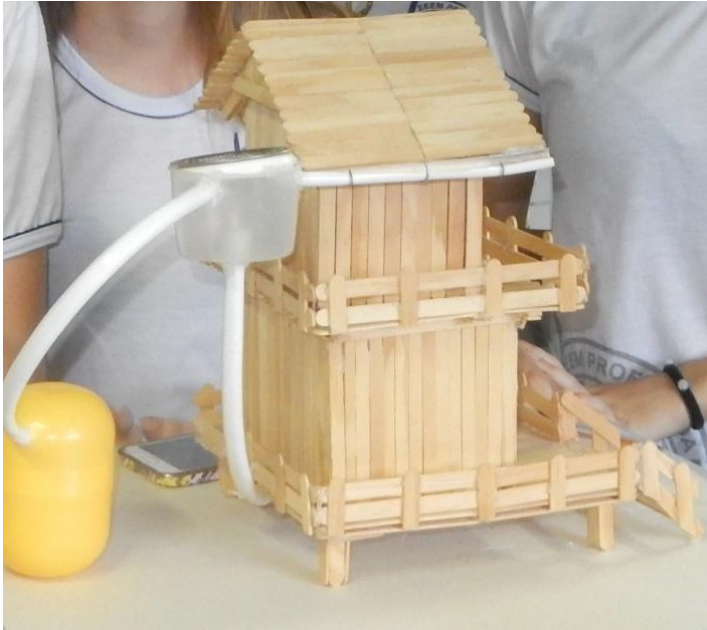


Figura 4.3.3 Maquete construída pelos alunos integrantes do grupo 03

Fonte: Formulação própria

Podemos destacar que ao sistematizar o conhecimento, expondo a solução do problema por meio de uma maquete, identificamos, mais uma vez, indícios de aprendizagens de procedimentos, uma vez que, os alunos “estruturam ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou linguagem oral, interpretam ideias estruturadas e executam procedimentos, além de realizar exposição oral”, (SOUZA, 2014, p.89).

A identificação desses indícios de aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais indicam que a atividade investigativa, desde a etapa de problematização inicial, proporcionou aos nossos estudantes momentos de envolvimento ativo perante um problema, participando de todas as etapas que levaram à solução da situação-problema. (AZEVEDO, 2004).

4.2 ETAPA DE APROFUNDAMENTO DO CONTEÚDO

Durante todo o processo de solução do problema proposto aos estudantes, nós não discutimos, nem apresentamos nenhum conteúdo curricular específico da disciplina de Física. A intenção era partir de um problema contextualizado, vivenciado pelos estudantes na unidade escolar, para então apresentar “o Teorema de Stevin” (NUSSENZVEIG 1998, p.08). Era necessário nesta etapa aprofundar o conteúdo, para que os alunos, também de modo investigativo, construíssem alguma noção sobre os conceitos envolvidos no Teorema de Stevin, relacionando-o com o problema proposto.

4.2.1 Sistematização do conhecimento

De acordo com NUSSENZVEIG (1998), o Teorema de Stevin é apresentado da seguinte maneira:

Pelo Teorema de Stevin, a diferença de pressão entre dois pontos de um líquido homogêneo em equilíbrio é constante, dependendo apenas do desnível entre esses pontos. (NUSSENZVEIG 1998, p.08)

Sendo assim, iniciamos a aula dispondo os alunos em pequenos grupos novamente, e questionando se durante a solução do problema eles observaram algum conceito físico.

Abaixo temos uma transcrição de alguns fragmentos dessa aula (Episódio 3) em que o professor procura estabelecer o diálogo com os estudantes, procurando encontrar algum indício da ideia de pressão, uma vez que, pretendíamos partir desse conceito para trabalharmos o Teorema de Stevin.

Quadro 8: Episódio 3 – Fragmentos das falas do professor e dos grupos de estudantes.

Professor: *No trabalho que vocês apresentaram, como você enxergaria algum conceito físico no seu trabalho, você conseguiria pensar em alguma coisa?*

Grupo 01: *Tem a ver com a gravidade, a água vai cair no barril porque a gravidade vai puxar ela.*

Professor: *E vocês? O trabalho que vocês pensaram, vocês pesquisaram e construíram uma maquete, será que a gente consegue enxergar algum conceito físico? O que vocês acham?*

Grupo 02: *bom é o seguinte como a bela falou a gravidade vai puxar a água, e também como o nosso projeto usou bombas para puxar a água do reservatório para caixa a bomba também vai usar força para puxar a água.*

Momento de conversa paralela entre os integrantes dos grupos.

Professor: *Ei, pessoal, vamos prestar a atenção no que os colegas estão falando. Talvez você não se lembra de alguma coisa, e ouvindo os colegas isso pode te ajudar.*

Professor: *E Vocês?*

Grupo 03: *nada*

Professor: *nada? Como assim? Vocês não conseguem pensar em nada?*

Grupo 03: *A gravidade eu acho que é o mais óbvio.*

Grupo 04: *a aceleração*

Professor: *Mas como assim vai envolver a aceleração?*

Grupo 04: *é eu também não entendi a aceleração?*

Professor: *De que maneira vai envolver a aceleração?*

Grupo 04: *a água para passar pela calha, vai precisar de velocidade para chegar até o reservatório.*

Com a finalidade de obter alguma informação sobre os conhecimentos prévios dos estudantes, buscamos nesta conversa com a turma, induzir que o termo “pressão” aparecesse, uma vez que, é comum no convívio social, as pessoas utilizarem o termo pressão para dar diversas explicações, sem a formulação conceitual adequada.

Observando as transcrições, vemos que, o termo “*pressão*” não apareceu, mas o termo “*gravidade*” apareceu em praticamente todos os grupos (Grupos 1, 2 e 3).

Supomos que isso possa ter ocorrido por pelo menos dois fatores: O primeiro seria o fato deles terem acabado de estudar conceitos associados às Leis de Newton, como o conceito de força gravitacional. Ou seja, a discussão da ideia de gravidade, segundo Newton, era recente em sala de aula.

A segunda suposição estaria relacionada à concepção espontânea de que gravidade é uma força, que atrai as coisas para o solo, tal como explica o aluno do Grupo 1 ao dizer que *“a água vai cair no barril porque a gravidade vai puxar ela.”*

Segundo Zylbersztajn (1983, p. 08), *“a palavra gravidade parece ser simplesmente um nome associado à queda de corpos, não implicando necessariamente a existência de uma força”*. Observamos ainda, que muitos dos alunos apresentavam dificuldades em associar, o trabalho realizado com algum conceito estudado por eles em sala de aula.

A dificuldade inicial que os estudantes estavam apresentando não iria atrapalhar a condução das atividades, uma vez que, tínhamos planejado para aquela aula uma atividade de demonstração experimental, para apresentar e começar a discutir o Teorema de Stevin.

É importante ressaltar aqui a forma como aprofundamos o conteúdo, isto é, fizemos por meio de outra atividade investigativa, que no nosso caso, optamos por uma demonstração experimental investigativa.

Segundo Azevedo (2004), as demonstrações experimentais investigativas são estratégias didáticas que partem da apresentação de um problema ou de um fenômeno a ser estudado pelo professor, que, por meio da apresentação de modelos ou experimentos, leva os alunos à investigação a respeito desse fenômeno. Este é um recurso útil quando o professor não dispõe de material ou tempo suficiente para que todos os alunos, em grupos, realizem o experimento para em seguida discuti-lo. A demonstração investigativa, quando bem conduzida, promove

um ambiente interativo que favorece a problematização e o compartilhamento de ideias, sendo, portanto, muito propício à construção de conhecimentos.

Carvalho (2013), nos alerta que:

O mais importante, ao planejarmos as atividades de aprofundamento, é que estas devem ser pensadas como atividades investigativas, isto é, todas devem ser organizadas para que os alunos em grupo discutam, expondo aos colegas suas ideias e seus entendimentos do texto (ou do vídeo, do jogo, da simulação, entre outros recursos) e, após a discussão em grupo, o professor sistematize o conhecimento com uma releitura do texto. (CARVALHO, 2013, p.17)

A atividade se iniciou com cada grupo recebendo uma garrafa plástica, um prego e um pedaço de fita isolante, sendo solicitado a eles que pensassem no seguinte desafio: Pensem e anotem: ***Onde devo fazer um furo na garrafa para que o filete de água que saia dele alcance a maior distância possível?***

Os alunos tiveram aproximadamente um tempo de dez minutos para resolverem o novo problema, e depois nós realizamos a demonstração experimental em sala de aula. Após cada grupo fazer o furo na garrafa, nós as enchemos totalmente com água, vedando o orifício. Depois os alunos formaram um grande círculo posicionando uma mesa no meio, onde foram colocadas as garrafas.

Retiramos as vedações para que os jatos de água fossem liberados todos ao mesmo tempo. Foi notória a reação de estranheza e surpresa dos alunos que decidiram fazer o furo no centro da garrafa, quando viram que os jatos que saíam dos furos localizados na parte inferior da garrafa alcançavam distâncias maiores.

O contexto de realização dessa atividade, foi a própria sala de aula, pois era mais fácil para alocar os alunos em pequenos grupos e depois colocá-los em um círculo e realizar a demonstração.

Os registros deste momento foram produzidos por meio de gravações em vídeo e áudio feitas pelos estudantes e também por suas produções textuais.

As hipóteses dos alunos se dividiram em duas ideias básicas: os que achavam que o furo deveria ser feito na parte inferior da garrafa, os que acreditavam que o ponto ideal para o furo seria a parte central, no meio da garrafa. As transcrições abaixo permitem compreender as justificativas que sustentavam as duas principais hipóteses.

Quadro 9: Transcrição das hipóteses dos alunos para o problema proposto antes da demonstração investigativa.

Furo no meio da garrafa	<i>Olha só, eu acho que é aqui no meio, porque, a pressão da água aqui de baixo, mais a pressão, vamos supor a garrafa está fechada, correto, você tem a pressão de cima da garrafa inteira, você furando mais ou menos aqui no meio vai ser a pressão abaixo do furo e a pressão da água em cima do furo, que tipo espremer, para quere sair, e vai mais longe.</i>
	<i>Furamos no meio, porque achamos que com a pressão da água com o ar arremessaria a água mais longe.</i>
	<i>Fizemos o furo mas no meio da garrafa, pois sofrerá pressão da parte de cima do furo e da parte de baixo do furo.</i>
	<i>Furamos de lado porque com o furo virado para baixo é mais fácil da água sair e ser arremessada para frente.</i>
Furo na parte inferior da garrafa	<i>Eu acho que bem aqui embaixo, porque, a água tá aqui, o furo tá aqui, e aí só vai sair água até chegar aqui vai ter aqui se furo tiver que baixar a pressão da água vai esvaziar a garrafa toda, exatamente, mais não muito em baixo, mais ou menos aqui, a marca do furo, também acho.</i>
	<i>Eu ainda acho que é melhor furar embaixo por causa da pressão da água, eu também acho mais tipo não teria no meio a força dos dois lados da garrafa, eu estava achando que era isso, mas não sei, eu já não acredito mais nessa teoria, tipo aqui no meio à força de cima e a força de baixo iriam vir juntas, eu pensei que a força de baixo pudesse subir, mais aí eu não pensei nisso. Mais como a garrafa vai está fechada aí vai ter um monte de água aqui e quando fizer um buraco vai sair com mais pressão.</i>
	<i>A melhor posição que nós achamos para furar foi no final, pois a água vai sair mais forte</i>
	<i>Realizaremos o furo no fundo da garrafa. Pois com a pressão da água toda para baixo, ela sairia com mais força e automaticamente irá mais longe</i>

Nos trechos dos registros em áudio transcritos no quadro 9, destacamos a fala de um integrante do grupo, que foi eleito para explicar a ideia, mas vale ressaltar que à circular pela sala de aula, era perceptível que havia um debate entre todos os componentes dos grupos.

Promover momentos em sala de aula em que os alunos são levados a refletir, levantando hipóteses a partir dos seus conhecimentos cotidianos para resolver uma situação-problema, tem um papel importante se queremos que nossos alunos realmente construam significados acerca dos conceitos científicos.

É importante comentar que durante o levantamento das hipóteses, os alunos não tiveram nenhuma intervenção do professor/pesquisador, pois queríamos uma maior interação entre eles, e conforme os dados apontam, percebemos que essa interação se mostrou eficaz, na medida em que os estudantes participaram ativamente da atividade. Embora utilizemos aqui o termo “levantamento de hipótese”, é importante ressaltar que para os alunos este termo não era familiar. E mesmo para o professor/pesquisador, a experiência de levar os alunos a prever possíveis resultados para o experimento proposto e ainda elaborar explicações que fundamentassem essa previsão era bastante inovador. A insegurança que essa “novidade” poderia causar era compensada pela participação ativa dos estudantes, que demonstravam muito interesse pelas atividades, buscando justificar as suas ideias.

As possíveis concepções alternativas identificadas quando os alunos se dispuseram a resolver a situação-problema proposta podem ser classificadas da seguinte maneira:

Quadro 10: Ideias identificadas nas hipóteses dos alunos.

Ideias observadas nas hipóteses levantadas pelos alunos	Fragmentos das falas transcritas dos alunos
A pressão atua nos dois lados do corpo	“[...] sofrerá pressão da parte de cima do furo e da parte de baixo do furo. ”
A pressão depende do volume de água sobre o corpo	“[...] Mais como a garrafa vai está fechada aí vai ter um monte de água aqui e quando fizer um buraco vai sair com mais pressão”.
Confusão entre força e pressão	“[...]ela sairia com mais força e automaticamente irá mais longe”. “[...], pois a água vai sair mais forte”.
O ar exerce pressão sobre a água	“[...] com a pressão da água com o ar arremessaria a água mais longe. ”

Como observado no quadro acima, em nenhum momento os estudantes, mencionam o conceito de pressão em conformidade com o modelo aceito pela comunidade científica, que é a razão entre a força aplicada perpendicularmente sobre uma superfície e a área dessa superfície. Também podemos identificar que nas hipóteses trazidas pelos alunos, eles em nenhum momento, relacionam as grandezas pressão, gravidade, densidade do líquido, que no caso nosso seria a água, e a variação da altura da coluna do líquido.

Não era nosso desejo que eles repetissem mecanicamente alguma definição anteriormente vista em sala de aula. Esperávamos que eles realmente expressassem o que pensavam ser a explicação correta a partir do conhecimento que eles detinham naquele instante. É importante observar que se quiséssemos apenas uma definição, pediríamos aos alunos que consultassem o livro, para responder, o que fugiria completamente de nossa perspectiva de promoção de construção de conhecimento por parte dos alunos.

Segundo Trazzi (2015):

Não é o fator de se “ensinar” o conhecimento científico dito “certo” que os alunos automaticamente irão aprendê-lo. Não é um processo simples de mudança conceitual. Não se trata somente de diagnosticar as concepções alternativas dos estudantes, saber como eles pensam, ensinar o conhecimento científico que eles irão automaticamente mudar suas concepções. (TRAZZI, 2015, p. 64)

Lemke (1997, *apud*, Carvalho, 2013), reiteram esta ideia ao mostrar que:

Ao ensinar ciência, ou qualquer matéria, não queremos que os alunos simplesmente repitam as palavras como papagaios. Queremos que sejam capazes de construir significados essenciais com suas próprias palavras. Mais estas devem expressar os mesmos significados essenciais que hão de ser cientificamente aceitáveis. (LEMKE, 1997, p. 105, *apud* CARVALHO, 2013, p.07)

A estratégia proposta foi centrada na participação e na reflexão do aluno durante a realização de uma demonstração investigativa pelo professor, com o intuito de posteriormente expor o conteúdo sobre o Teorema de Stevin, recorrendo às respostas dos próprios estudantes e problematizando as soluções que os alunos deram para o problema.

Após este momento, tínhamos ainda pouco mais de quinze minutos de aula, o que foi suficiente para uma breve sistematização do Teorema de Stevin, que seria retomada na aula seguinte.

Iniciamos a aula seguinte dividindo os alunos em duplas, propondo a eles que, com o auxílio do livro didático, respondessem as duas questões abertas abaixo.

- 1. Em qual orifício a água jorra com mais velocidade e por que isso ocorre?**
- 2. Discuta como a pressão varia dependendo da profundidade do orifício considerado?**

Fizemos novamente um círculo para que pudéssemos ouvir algumas respostas e expor com um pouco mais de detalhamento o Teorema de Stevin, como já havíamos feito ao final da aula anterior, terminando a aula com uma solução de um exercício algébrico sobre o conteúdo proposto e discutido. Nesta etapa da sequência vivenciamos claramente o que ressalta Azevedo (2004):

Após as discussões e reflexões, é a vez do professor sistematizar as explicações dadas ao fenômeno, preocupando-se em enfatizar como a ciência descreve e, algumas vezes, quando necessário, chegando às representações matemáticas que descrevem o fenômeno. (AZEVEDO, 2004, p.27)

Nesta perspectiva de construção de conhecimento científico, entendemos que nossa estratégia, visa sempre, de alguma forma, tornar os estudantes protagonistas do seu próprio processo de aprendizagem, promovendo sempre momentos de diálogos em sala de aula.

Sá, Lima e Aguiar Jr, (2011), corroboram esta perspectiva de ensino baseada em atividades que promovam a discussão em sala de aula, entre os alunos e entre o professor e os alunos ao exprimirem que:

Essa estratégia pode englobar quaisquer atividades (experimentais ou não), desde que elas sejam centradas no aluno, propiciando o desenvolvimento de sua autonomia e de sua capacidade de tomar decisões, avaliar e resolver problemas, ao se apropriar de conceitos teorias das ciências da natureza. (SÁ, LIMA, AGUIAR JR., 2011, p. 99)

No processo de análise dos dados gerados na etapa de aprofundamento de conteúdo da nossa SEI, nos baseamos no esquema de categorização proposto por Trazzi e Oliveira (2016) a partir da identificação de indícios do processo de desenvolvimento dos conceitos relativos ao Teorema de Stevin, por parte dos alunos.

Com base nas contribuições dos trabalhos de Vigotski (2009), as autoras argumentam que o desenvolvimento dos conceitos científicos ocorre quando o indivíduo toma consciência desses conceitos e passa a operá-los mentalmente.

Vigotski (2009) parte da tese de que os processos de aprendizagem e desenvolvimento não são independentes, ou o mesmo processo, e que existem entre eles relações complexas. A aprendizagem se apoia em processos psíquicos imaturos que apenas estão iniciando o seu círculo primeiro e básico de desenvolvimento. Diante disso, o autor ressalta que o aprendizado das matérias escolares não começa no momento em que as funções psíquicas estão maduras, mas que a imaturidade delas é lei geral e fundamental. (TRAZZI e OLIVEIRA, 2016, p. 90)

Para que isso ocorra, segundo Trazzi e Oliveira (2016), “o conceito espontâneo tem que fazer a mediação entre o novo conceito científico e o objeto a que tal conceito se refere” (p.89). Segundo Vigotski (2009), todo conceito é generalizável, isto é, quando o sujeito aprende o conceito, ele se dá conta de que entender o conceito implica compreender também diversos outros conceitos que se integram para que a ideia do conceito de que se trata faça sentido. Para Vigotski, a formação do conceito extrapola o momento da aprendizagem do conceito. Ou seja, segundo Trazzi e Oliveira (2016), Vigotski defende que a formação de um conceito é um processo dinâmico e contínuo de desenvolvimento:

Para o autor, a aprendizagem está sempre adiante do desenvolvimento e há discrepância, e não paralelismo, entre o processo de aprendizagem escolar e o desenvolvimento das funções correspondentes. Nessa perspectiva, é possível dizer que a formação dos conceitos científicos não termina, mas apenas começa, no momento em que o indivíduo assimila, pela primeira vez, um significado ou termo novo, que é veículo do conceito científico. (TRAZZI e OLIVEIRA 2016, p. 90)

Portanto, quando dispomos a adotar os níveis de integração e generalização conceitual propostos por Trazzi e Oliveira (2016), como critério de categorização, estamos interessados em analisar a evolução conceitual dos alunos, para observar como eles vão avançando, isto é, o quanto eles conseguem perceber a interrelação entre os conceitos que integram o conceito mais amplo a ser desenvolvido e o quanto eles conseguem generalizar essa ideia, para além do contexto específico da observação em sala de aula, uma vez que,

Para Vigotski (2009), todo conceito é uma generalização, e isso implica a possibilidade de situá-lo em um sistema de conceitos mais amplo, o qual envolve relação com outros conceitos, sendo alguns de um nível maior de generalidade. A generalização é ao mesmo tempo tomada de consciência e sistematização de conceitos. (TRAZZI e OLIVEIRA 2016, p. 89)

Em suma, entendemos que quanto mais conceitos interligados o aluno consegue correlacionar e quanto mais generalizável for essa noção, maior será o seu nível de integração e generalização. Assim, categorizamos os dados produzidos no decorrer da SEI em três níveis, relativos ao processo de desenvolvimento de conceitos de Hidrostática, especialmente o conceito de pressão em fluido estático, expresso pelo Teorema de Stevin (Quadro 11).

Quadro 11: Categorias de análise das respostas dos alunos

Nível de generalização e integração conceitual	Enunciados
Alto	Podemos identificar indícios de alto nível de generalização e integração conceitual nos enunciados dos estudantes quando o Teorema de Stevin é mencionado ou quando conseguem explicar que a pressão é maior num determinado ponto por causa da relação que se estabelece entre a densidade, a gravidade e a altura que determinam a pressão no fluido estático, conforme postula o Teorema de Stevin.
Intermediário	Podemos identificar indícios de nível intermediário de generalização e integração conceitual, quando os estudantes reconhecem que há um determinado ponto em que a pressão exercida pelo fluido será maior e já conseguem reconhecer pelo menos uma das variáveis envolvidas no Teorema de Stevin, porém ainda não expressam claramente a relação que se estabelece entre elas.

Baixo	Podemos identificar indícios de baixo nível de generalização e integração conceitual nos enunciados quando os estudantes apenas percebem que a pressão exercida pelo fluido varia nos diferentes pontos, não mencionando em suas explicações nenhuma das variáveis envolvidas no Teorema de Stevin.
--------------	---

Fonte: (Adaptado de TRAZZI e OLIVEIRA, 2016, p.89-90)

Após a observação, foram propostas as seguintes questões: 1. *Em qual orifício a água jorra com mais velocidade e por que isso ocorre?* 2. *Discuta como a pressão varia dependendo da profundidade do orifício considerado?*

As respostas abaixo (Quadro 12) foram categorizadas como enunciados com baixo nível de generalização e integração conceitual.

Quadro 12: Enunciados que mostram um baixo nível de generalização e integração conceitual.

Duplas	Explicações para o resultado observado
A1	<i>Embaixo, pois como a pressão o jato de água é mais forte.</i>
A2	<i>Porque na parte de baixo dar mais impulso para a água sair.</i>
A3	<i>Embaixo, porque a pressão da água é mais forte.</i>
A4	<i>Embaixo. Porque a água e, o ar interagem causando uma pressão maior na saída da água.</i>
A5	<i>A pressão da água força a água sai com mais velocidade.</i>
A6	<i>Embaixo. A pressão que água faz sobre orifício faz com que o jato de água saia mais forte.</i>
A7	<i>Na base da garrafa, pois lá a pressão é maior, por conta que o ar sobe para parte de cima da garrafa.</i>
A8	<i>Na parte inferior do recipiente, pois a pressão se concentra ali.</i>
A9	<i>Na parte inferior, por conta da força da água sendo maior e saindo com mais força.</i>
A1	<i>Quanto maior a altura, maior a pressão.</i>
A2	<i>Por causa da queda, peso da água.</i>
A3	<i>Por causa da altura e da densidade.</i>
A4	<i>Se estiver pouca água no recipiente ele vai jorrar com menos força. Fluidos mais densos exercem pressão maior que fluidos menos densos.</i>
A5	<i>Pois a pressão fica mais forte de acordo com a profundidade.</i>
A6	<i>Porque com o furo embaixo a água vai sair com mais intensidade e, já com o furo em cima a água vai sair com quantidade menor.</i>
A7	<i>Quando o orifício está acima da metade da garrafa a pressão é menor</i>

	<i>quando está abaixo é maior.</i>
A8	<i>Quanto maior a profundidade e a altura da garrafa, a pressão que a água vai exercer será maior.</i>
A9	<i>A intensidade de pressão de um fluido é diretamente proporcional a sua intensidade.</i>

Observamos que em todas essas explicações, os alunos dão indícios de que se encontram no início do processo de desenvolvimento do conceito de pressão no fluido estático. Em geral eles indicam de maneira correta o melhor ponto para se fazer o furo para que a água jorre com maior velocidade, porém não mencionam as grandezas físicas envolvidas e nem mencionam as relações entre elas, expressa no Teorema de Stevin.

Observamos que existe ainda uma confusão entre os conceitos de **força e pressão** na maioria das respostas dos alunos, tal como no caso das duplas A4 e A5. Este equívoco conceitual é comumente observado em sala de aula e muitas vezes persiste, apesar do empenho do professor em explicar. A literatura aponta que é bastante comum que algumas concepções de senso comum permaneçam coexistindo com as explicações científicas trabalhadas no contexto escolar. (MORTIMER, 1996, MORTIMER e SCOTT, 2002, TRAZZI e OLIVEIRA, 2016).

No caso das respostas acima, observamos que nelas, não são identificadas as grandezas físicas mais relevantes para a explicação do fenômeno observado, que são a densidade e a altura da coluna de água. Muito menos se observa alguma articulação com o enunciado proposto pelo Teorema de Stevin. Outro ponto importante a ser destacado é que algumas das respostas, como por exemplo as explicações elaboradas pelas duplas A1, A2, A8 e A9 baseiam-se simplesmente em observações cotidianas e explicações de senso comum, distanciando-se bastante da explicação científica. Este é também o caso da dupla A6 que baseia sua resposta na concepção de que a pressão aumenta em função do volume de água.

Mais uma vez, a condução da atividade exigiu do professor uma escuta atenta e sensível, para que os alunos se sentissem estimulados a formular explicações, que

pudessem ser melhor elaboradas, na medida em que ia se ampliando a compreensão dos estudantes acerca do conceito em questão. Como nos diz Azevedo (2004),

O papel do professor é o de construir com os alunos essa passagem do saber cotidiano para o saber científico, por meio da investigação e do próprio questionamento acerca do fenômeno. (AZEVEDO, 2004, p. 26)

Nesta perspectiva, o que podemos inferir com as respostas desse grupo de alunos é que deveríamos prosseguir problematizando as respostas dadas por meio de perguntas como as sugeridas por Carvalho (2013, p.12) “*Como vocês conseguiram resolver o problema*”, buscando uma maior participação dos estudantes. Entretanto, a nossa pouca experiência com o ensino de ciências por investigação, aliado à nossa longa trajetória no ensino tradicional, fizeram com que, no momento de sistematizar o conhecimento sobre o Teorema de Stevin, optássemos pelo método de ensino que nos pareceu o mais seguro: expor o conteúdo no quadro.

Ainda assim, entendemos que para os alunos, a proposição das atividades investigativas parece ter contribuído para que assumissem uma atitude mais participativa, motivados a buscar novos conhecimentos.

Por fim mas não menos importante, cabe reiterar que não tínhamos a expectativa de promover um processo de mudança conceitual, por meio do qual as concepções espontâneas dos alunos fossem substituídas por explicações cientificamente aceitas, embora não fosse ainda tão claro naquele momento o entendimento de que a percepção dessas concepções de senso comum, expressas nas hipóteses que os alunos formulavam, poderiam vir a ser consideradas referências a partir das quais poderíamos acompanhar o seu processo de desenvolvimento conceitual.

Nesta etapa da SEI, esperávamos que os alunos, uma vez tornando-se participantes ativos da discussão promovida durante a demonstração experimental seguida pela exposição do conteúdo, fossem capazes de agregar mais termos científicos às suas explicações, demonstrando maior compreensão do conceito. Isso aconteceu lenta e

gradativamente, conforme podemos observar nas respostas abaixo (Quadro 4.2.6) que foram categorizadas como enunciados com nível intermediário de generalização e integração conceitual.

Quadro 13: Respostas dos alunos com um nível intermediário de generalização e integração conceitual, para a primeira questão.

Duplas	Explicações para o resultado observado
A10	<i>Embaixo, pois a água sai com mais pressão, por conta da coluna d'água.</i>
A11	<i>Embaixo, por causa da pressão porque embaixo a pressão é maior.</i>
A12	<i>Embaixo porque a pressão é maior.</i>
A13	<i>Na parte de baixo da garrafa. Porque a água exerce mais pressão.</i>
A10	<i>Com o mais embaixo a pressão da água é maior.</i>
A11	<i>Uma variação de poucos metros abaixo da água causa uma alteração de pressão muito maior que a variação na mesma distância em altura na atmosfera.</i>
A12	<i>Isso acontece porque a intensidade da pressão de um fluido é diretamente proporcional à sua densidade: fluidos mais densos exercem pressão maior que fluidos menos densos. É o que ocorre com a água em relação ao ar.</i>
A13	<i>Quanto mais baixo maior vai fazer a pressão.</i>

Os resultados indicam que os alunos compreenderam, por meio da atividade experimental, que ao posicionar o orifício mais abaixo, a água jorra com maior pressão e, conseqüentemente, com maior velocidade. No entanto eles não conseguem identificar ainda as variáveis físicas relacionadas com o fenômeno, muito menos, relacioná-las. Identificamos que as respostas não estão incorretas, porém apresentam-se incompletas, o que nos permite concluir que os alunos já demonstram um certo avanço na compreensão do conceito, porém ainda não demonstram uma clara compreensão do Teorema de Stevin. Entendendo que estávamos no caminho, retomamos a discussão para um maior aprofundamento, esperando poder levá-los a elaborar melhor as suas explicações.

Nas respostas desses grupos de alunos ainda não constam as grandezas relacionadas ao Teorema de Stevin. O teorema em si sequer é mencionado pelos estudantes. Os alunos relacionam parcialmente o conceito expresso pelo Teorema de Stevin, limitando-se mencionar uma das variáveis envolvidas, como no caso da

resposta da dupla A12, que refere-se somente à densidade quando diz que “*fluidos mais densos exercem pressão maior que fluidos menos densos*”. No caso do enunciado da dupla A13 aparece somente a variável altura: “*Quanto mais profundo o fluido tem mais pressão.*”

Observamos um número significativo de duplas que não avançaram na compreensão do texto proposto, estando limitados em suas respostas, incompletas, com pouca ou quase nenhuma articulação entre as variáveis envolvidas no Teorema de Stevin. Observando as gravações em vídeo, notamos que os alunos que menos avançaram foram também os que se mantiveram mais passivos durante as atividades.

Como pode ser visto pelas gravações, quase sempre desponta no grupo um líder que começa a falar e, por vezes, somente ele fala, enquanto os demais permanecem apenas ouvindo. Caberia então ao professor orientar melhor a discussão nos pequenos grupos, para que, esta discussão envolvesse todos os alunos. Principalmente, deveriam sentir-se à vontade para expressar suas dúvidas. Para Carvalho e Gil-Pérez (2011) a papel fundamental do professor:

Saber dirigir de forma adequada as atividades de aprendizagem. Facilitar, em particular, o funcionamento dos pequenos grupos e os intercâmbios enriquecedores, dirigindo adequadamente as observações em comum e tomando decisões fundamentadas no complexo contexto que compõe uma classe. (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2011, p. 53)

Concordamos com os autores que não é fácil, principalmente quando se tem uma longa vivência de docência “tradicional”, passar a conceber uma ideia de ensino menos transmissivo, buscando fazer com que o educando enxergue o seu protagonismo no processo de construção do seu próprio conhecimento (AZEVEDO, 2004).

Embora reconhecendo as inseguranças e hesitações vivenciadas nesse processo de aprendizado, algumas respostas chegaram a ser categorizadas como enunciados com alto nível generalização e integração conceitual. (Quadro 14), o que demonstra a ocorrência de um processo significativo de desenvolvimento conceitual.

Quadro 14: Respostas dos alunos com alto nível de generalização e integração conceitual, para a primeira questão.

Duplas	Explicações para o resultado observado
A14	<i>Na parte inferior da garrafa. Ocorre por influência da densidade, gravidade, pressão, etc.</i>
A15	<i>O orifício mais baixo, porque quanto mais baixo é o buraco onde sai a água com mais pressão a água jorra, isso é possível por causa da densidade da água, da gravidade e coluna de água exercida sobre o orifício.</i>
A16	<i>Em relação do furo mais embaixo. Isso acontece porque a intensidade da pressão de um fluido é diretamente proporcional a sua densidade e a altura da água.</i>
A14	<i>Quanto mais baixo o furo maior o alcance. A pressão no fluido depende exclusivamente da altura em que o fluido ocupa e de sua densidade.</i>
A15	<i>De acordo com o Teorema de Stevin a variação de altura é um fator importante para a medida da variação da pressão, quanto mais profundidade o orifício tiver mais fluido terá pressionando-o.</i>
A16	<i>A pressão exercida por determinado fluido depende exclusivamente da altura que o fluido ocupa e de sua densidade.</i>

Observamos que todos os alunos responderam que com o orifício mais próximo da base da garrafa, a água terá maior pressão e por isso sairá com maior velocidade. Observamos ainda, que no momento de justificar a resposta, eles apresentam pelo menos duas grandezas, das três esperadas: densidade, gravidade e altura da coluna d'água. Na maioria das explicações aparece, ainda que de forma implícita, a relação direta de proporcionalidade entre as grandezas e a variação da pressão.

Nesta perspectiva, entendemos que a atividade investigativa proposta por meio da problematização, seguida por uma discussão em pequenos grupos, depois socializada com a turma inteira, e sistematização final do conteúdo por meio da exposição do professor contribuiu para que a ampliação da compreensão do conceito, possibilitando uma melhor elaboração das explicações dos alunos sobre o Teorema de Stevin.

As respostas dessas três duplas de alunos, são construídas de forma a articular a dependência exclusiva da variação de pressão num fluido estático com a profundidade e a densidade do fluido. Quando as duplas A14 e A16 mencionam o termo “*exclusivamente da altura*”, eles demonstram compreender que a pressão aumenta linearmente com a profundidade ou diminui com a altura, independente da forma do recipiente. Já a dupla A15 inicia a resposta partindo do Teorema de Stevin. Os alunos demonstram compreender os conceitos relacionados ao Teorema de Stevin quando mencionam “*a variação de altura é um fator importante para a medida da variação da pressão*”.

As respostas formuladas por esses grupos de alunos se apresentam de forma bem articulada e entendermos que eles conseguiram se apropriar do conteúdo do livro didático por terem a sua compreensão ampliada ao longo de toda a atividade investigativa. A SEI, foi capaz de proporcionar aos estudantes oportunidades para “expor suas ideias, elaborar hipóteses, questionar e defender seus pontos de vista” e assim, produzir novos conhecimentos. (AZEVEDO, 2004, p.25).

4.3 O PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA E O REPENSAR DA PRÁTICA DOCENTE

Antes de implementar a etapa de problematização inicial, é possível que o professor precise desconstruir alguns paradigmas e rever algumas posturas fortemente arraigadas na cultura profissional do ensino de Física. Aprender a problematizar é um passo crucial quando se pretende implementar uma abordagem investigativa em sala de aula. E não é uma tarefa fácil! A etapa de problematização tem uma importância fundamental no processo de implementação de uma sequência de ensino investigativa. A proposição do problema não é algo tão trivial, especialmente para um professor habituado a desenvolver listas de exercícios, que, na maioria das vezes, requerem apenas a aplicação de fórmulas.

Compartilhar o processo de construção desses saberes talvez seja útil não apenas para contextualizar o trabalho realizado no âmbito deste estudo, mas também para encorajar outros professores que porventura se interessem por esta abordagem didática.

Quando iniciamos o ano letivo de 2016, buscamos implementar inicialmente uma experiência piloto: uma SEI sobre a primeira lei da termodinâmica, aplicada a uma turma de segunda série do Ensino Médio. A sistematização das reflexões acerca dos resultados desta intervenção pedagógica se consolidou num trabalho apresentado no XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, que aconteceu entre os dias 23 e 27 de janeiro de 2017.⁸

Inicialmente, o pouco contato com o ensino por investigação, nos levou a elaborar um problema sobre energia interna que tinha o objetivo de levar os alunos a levantarem hipóteses e testá-las por meio do uso de um simulador computacional. Porém, do modo como foi proposto, o problema não passou de um enunciado fechado, que acabou por induzir os estudantes a buscarem a solução por meio da aplicação mecânica de formulações matemáticas e equações, exatamente como acontece em uma prática de ensino tradicional de ciências. O simulador sequer foi considerado pelos estudantes como uma ferramenta útil na busca de possíveis soluções.

Esta experiência foi, em princípio, frustrante e angustiante. A sensação de que seríamos incapazes de implementar uma sequência de ensino investigativa a partir da proposição de um problema instigante e motivador nos fez sentir a necessidade de aprofundar as leituras e reflexões teóricas.

Essa reflexão sobre o processo de problematização inicial e seu impacto nos objetivos da sequência didática suscitou uma reformulação do problema proposto para investigar a primeira lei da termodinâmica, de tal forma que o problema se

⁸ <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0586-1.pdf>.

tornasse mais aberto e, conseqüentemente, mais desafiador para os alunos, gerando assim alguma discussão na turma.

Ao propor problemas com maior grau de abertura, proporcionamos uma participação mais ativa dos estudantes em sala de aula. Essa experiência oportunizou, sobretudo, a vivência de repensar a própria prática docente. Entendemos que a abertura dos enunciados fechados usualmente trabalhados em sala de aula, se constituiu um marco no processo de implementação do ensino de ciências por investigação por parte do professor/pesquisador.

Uma das características elencadas pelo ensino de ciências por investigação é proporcionar a participação ativa dos estudantes, por intermédio da mediação do professor (SÁ, LIMA e AGUIAR JR, 2011). Dessa forma ao analisarmos o processo de construção e implementação das SEI's, convém destacar também as dificuldades enfrentadas pelo professor/pesquisador na condução das atividades, tendo em vista uma postura mais mediadora para com os estudantes. Dentre os desafios enfrentados podemos enumerar ainda: (i) dificuldades em desenvolver uma escuta atenta e sensível às ideias expressas nas respostas dos alunos; (ii) dificuldades por desconhecer as ideias trazidas pelos estudantes; (iii) angústia por não poder antever o que eles iriam apresentar como hipóteses de soluções para os possíveis problemas apresentados; (iv) dificuldades na condução das etapas de sistematização dos métodos utilizados pelos alunos durante a resolução do problema (“Como?”) e das explicações dos resultados alcançado (“Por quê?”).

Os estudantes não estavam, em princípio familiarizados com a proposta de uma atividade investigativa, seja ela, experimental, não experimental ou demonstrativa (CARVALHO, 2013). Em diversos momentos isso representou um obstáculo à implementação das atividades, pois em várias situações eles quase que nos obrigavam a dar a solução do problema ou a resposta à pergunta que pretendia disparar um momento de discussão em círculos. Em diversas oportunidades também, eles insistiam para saber se a ideia deles estava correta. Nestes momentos

iniciais tínhamos a sensação de insegurança, por antever uma certa resistência dos alunos nas etapas seguintes.

As leituras e a reflexão contínua durante a implementação das SEI's, foram nos oportunizando aprendizado e segurança na condução das etapas, procurando ouvir os alunos e questionando mais suas repostas, em vez de simplesmente dizer se elas estavam corretas ou não.

Nesta perspectiva, analisamos que o processo de implementação de uma sequência de ensino investigativa nos permitiu observar que nossos alunos passaram a se respeitarem mais, ouvindo os demais colegas nos momentos de discussão e socialização. A experiência nos permitiu inferir que eles, quando em pequenos grupos tendem a ficar mais dispersos em virtude das conversas paralelas, demandando a mediação constante do professor para que permaneçam concentrados e motivados na solução dos problemas propostos.

Apesar das dificuldades iniciais encontradas, as atividades investigativas desenvolvidas, bem como o produto educacional produzido em nossa pesquisa, permitiram ao professor/pesquisador refletir sobre a sua postura pedagógica em sala de aula, buscando assumir-se mediador da aprendizagem, entendendo que, para isso ocorra de maneira efetiva, têm-se um longo caminho pela frente. Concordamos dessa maneira que as atividades seguintes nos permitirão adotar novas formas de ensinar, levando nossos alunos a perceberem também uma nova forma de aprender, cada vez mais dialógica e participativa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A capacidade de pensamento crítico de cada cidadão é desenvolvida por meio de seu aprendizado, enquanto vai lendo, relendo e compreendendo o complexo nicho social em que vive. A educação tem, portanto, uma função na formação do sujeito cidadão, pautada por uma pedagogia mais humana, participativa e solidária. É importante destacar que este aprendizado, nas palavras de Trazzi (2015), não ocorre de maneira instantânea. Aquele conteúdo que hoje talvez o aluno não consiga compreender, na medida em que vai lhe atribuindo novos sentidos, vai se desenvolvendo (TRAZZI, 2015).

Nosso trabalho de pesquisa buscou investigar possíveis formas de intervenção pedagógica no ensino de Física com base no conceito de Ensino de Ciências por Investigação, que pudessem contribuir para esse processo de desenvolvimento conceitual, levando em conta também os conteúdos atitudinais e procedimentais. Focalizamos a contribuição dessa vertente teórico-metodológica para a construção de conceitos físicos relacionados à Hidrostática e suas possíveis aplicações em situações cotidianas. Sob esse olhar, fomos motivados a formular hipóteses ou buscar respostas a fim de incrementar o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de Hidrostática ministrados na disciplina de Física no ensino médio. Afinal, como educadores, necessitamos, a todo o momento, estar atentos à formação de nossos educandos pensando e viabilizando as melhores maneiras de mediar o conhecimento.

Podemos constatar não somente pelos resultados das nossas análises, mas sobretudo pelas nossas experiências em sala de aula as potencialidades apontadas pela literatura em relação ao ensino por investigação. Esta abordagem mostrou-se uma alternativa aos modelos de ensino expositivo, tradicionalmente adotado nas aulas de Física.

Foi possível observar indícios de que a visão dos alunos acerca da ciência e da construção de conhecimentos científicos foi bastante ampliada.

Entendemos que foi possível oportunizar momentos em que os alunos consultaram, interpretaram e analisaram informações com muito mais desenvoltura (SOUZA, 2014).

A problematização dos conteúdos mostrou-se um elemento crucial nesse processo. Ao criar novos problemas abertos (AZEVEDO 2004), bem como, conduzindo a aula, de maneira clara e consistente, estimulando a participação ativa dos alunos, encorajando – os a debater e argumentar em sala de aula, expondo suas ideias, suscitamos no professor/pesquisador, uma reflexão de suas práxis. Essas atitudes e procedimentos, só puderam ser trabalhadas, por acreditarmos que problematizando os conteúdos, seríamos verdadeiramente capazes de construir o conhecimento com os alunos.

Enfatizamos a importância de um ensino de Física contextualizado, que contribua para a percepção, por parte dos estudantes, do papel social da ciência e das suas aplicações tecnológicas. Nesse sentido, o contexto de crise hídrica possibilitou uma relação direta com a realidade vivida e, desse modo, entendemos que os estudantes foram levados a pensar em formas de captação e reaproveitamento da água da chuva, enquanto construía, aplicavam e aprofundavam novos conceitos físicos.

É preciso ressaltar o caráter formativo desta experiência de pesquisa, que proporcionou grande desenvolvimento profissional, criando as condições necessárias para a implementação do Ensino por Investigação em sala de aula. Talvez o saldo mais positivo de todo esse trabalho tenha sido o impacto na formação e as mudanças significativas nas práticas do professor/pesquisador.

Essa mudança pode ser observada durante a construção da análise dos dados, no que tange à etapa de aprofundamento de conteúdo, em que foram analisados os resultados referentes à construção dos conceitos relativos ao Teorema de Stevin. No início, tínhamos como ideia a classificação das respostas dos alunos como certas ou erradas, observando quais delas se aproximavam ou se distanciavam do conceito

cientificamente aceito. Na medida em que fomos nos apropriando do nosso referencial teórico, ampliou-se a nossa visão sobre o processo de desenvolvimento conceitual e passamos então a perceber que quando falamos em aprendizagem de conceitos por parte dos alunos, temos que compreender que esse processo é contínuo, muitas vezes iniciado no seu convívio social. Esse processo não é finalizado no momento em que o professor apresenta o conceito ao aluno, ou no momento em que ele resolve exercícios em uma avaliação em sala de aula, mas estende-se para além do contexto da sala de aula.

Concordamos também que essas demandas formativas, bem como a mudança de postura do professor/pesquisador, é também um processo de desenvolvimento conceitual gradativo e contínuo, que não é finalizado imediatamente após a defesa da dissertação de mestrado. Ele ocorre ao longo de toda a pesquisa e continua ao longo dos anos letivos, na medida em que novas propostas de SEI's são implementadas, discutidas e analisadas, como ocorreu no ano de 2017, em que propomos e implementamos várias SEI's para trabalhar conteúdos relativos às Leis de Newton, calor e temperatura, máquinas térmicas, calorimetria, eletrostática e eletrodinâmica. essa experiência resultou no produto educacional, decorrente deste estudo.

Além desse entendimento sobre o processo de desenvolvimento conceitual, elencamos algumas ações formativas que um professor de Física necessita construir para que se possa desenvolver um processo de ensino e aprendizagem significativo no ambiente escolar: (a) conhecer as principais concepções espontâneas dos alunos em literatura; (b) desenvolver uma escuta sensível para poder identificar essas concepções trazidas por seus alunos; (c) saber mediar o processo, propondo mais problemas abertos ou questões abertas (AZEVEDO, 2004), tornando os alunos mais participativos e menos indiferentes aos conteúdos ministrados em sala de aula; (d) saber avaliar todo o processo, sem se ater às concepções de senso comum pedagógico acerca da avaliação (CARVALHO E GIL-PÉREZ, 2011), tão comumente arraigadas entre professores nos diversos níveis da escolarização.

Finalmente a implementação de um ensino de Física pautado nos pressupostos teóricos e metodológicos do Ensino de Ciências por Investigação aponta para diversos desafios. Alguns deles foram enfrentados ao longo da pesquisa e se manterão presentes depois dela.

Inicialmente tivemos muita dificuldade em elaborar problemas verdadeiros (BORGES (2002), AZEVEDO (2004), SÁ, LIMA e AGUIAR JR (2011). As leituras e reflexões sobre a problematização nas aulas de Física resultaram em trabalhos publicados no XXII SNEF, no I EnECI e XI ENPEC⁹ ocorridos no ano de 2017. Esses desafios enfrentados nos proporcionaram a compreensão de que problematizar está muito além de apenas fazer perguntas aos alunos. Outra dificuldade encontrada está centrada no processo de mediação, que requer a desconstrução de uma prática de anos de docência pautada no monólogo do professor para passar a buscar o diálogo com e entre os alunos. Ainda temos muito caminho a percorrer para realmente afirmarmos que o nosso discurso em sala de aula tornou-se de fato dialógico.

Podemos concluir que, além da própria dissertação e da sequência de ensino investigativa apresentada, o mais importante produto gerado nesse projeto de pesquisa foi o próprio professor. O ingresso no mestrado profissional nos permitiu começar uma jornada em busca de pesquisa e uma maior reflexão sobre a própria prática pedagógica, mudando significativamente nosso modo de pensar o ensino de Física, tendo como resultados iniciais, uma maior capacidade para elaborar problemas ou questões com certo grau de abertura. Um novo passo se deu com as primeiras análises sobre o processo de aprendizagem e desenvolvimento conceitual dos conceitos físicos e de novas formas de avaliação.

Queremos seguir em frente, já que, segundo Vigotski, o desenvolvimento é contínuo e, portanto, não termina com a conclusão do mestrado.

⁹ <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/busca.htm?query=Marcos+Azevedo>

6. REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A.M.P. (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson, 2004. P. 19-33.

BELLUCCO, A. e CARVALHO, A. M. P. **Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 31, n. 1, p. 30-59, abr. 2014

BIANCHINI, T. B. **“O Ensino por Investigação abrindo espaços para a argumentação de alunos e professores do Ensino Médio”** Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011.

BORGES, A. T. Novos Rumos Para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, v. 19, n. 3, dez. 2002.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei nº 9394, 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Ministério da Educação: Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

CARVALHO, A. M. P. et. al **Conhecimento físico no ensino fundamental**. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P. et. al **Termodinâmica: um ensino por investigação**. São Paulo: Feusp, 1999.

CARVALHO, A. M. P. (2011) **Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativo (SEI)**. In: Longhini, M. D. (org.). *O uno e o diverso na educação*. Uberlândia, MG: EDUFU.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: **CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20. 2013.

CARVALHO, A. M. P. e GIL -PÉREZ, Daniel. Formação de professores de ciências: tendências e inovações. São Paulo: Cortez, 2011.

CARVALHO JÚNIOR, G. D. **As concepções de ensino de física e a construção da cidadania.** Caderno Brasileiro Ensino de Física, v. 19, n. 1, p. 53-66, 2002.

DEMO, Pedro. Pesquisa: **princípio científico e educativo.** São Paulo: Cortez, 1999.

FERNANDES, Sandro Soares; VIANNA, Deise Miranda. **Uma atividade investigativa envolvendo sistema métrico Física na Escola,** v. 12, n. 2, 2011.

FÍSICA PARA O BRASIL: pensando o futuro / editores: Alaor Chaves e Ronald Cintra Shellard – São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

GIL, A. C.. **Como elabora Projetos de Pesquisa.** São Paulo: Editora Atlas, 4ª ed, 2002.

GOUVEIA, M. S. F.. **Cursos de ciências para professores de 10 grau:** elementos para uma política de formação continuada. Tese (Doutorado) Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1992.

GOUW, Ana Maria Santos; FRANZOLIN, Fernanda e FEJES, Marcela Elena. **Desafios enfrentados por professores na implementação de atividades investigativas nas aulas de ciências.** *Ciênc. educ. (Bauru)*[online]. 2013, vol.19, n.2, pp.439-454.

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica.** Volume 2. 8ª edição. Editora LTC, 2009.

IBGE. Cidades. Brasília, 2010. Disponível em: <<<http://www.ibge.gov.br/cidadessat>>>
Acesso em: 21 jun. 2016

KAWAMURA, M. R. D. & HOSOUME, Y. **A contribuição da física para um novo ensino médio.** Física na Escola, v. 4, n. 2, p. 22-27, 2003.

LEITE, Joice de Carvalho; RODRIGUES, Maria Aparecida; MAGALHÃES JÚNIOR, Carlos Alberto de Oliveira. **Ensino por investigação na visão de Professores de Ciências em um Contexto de Formação Continuada.** S.l.: s.n, 2014.

MACHADO, V., SASSERON, L.H.. **As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, América do Norte, 12, nov. 2012.

MANGINI, Fernanda Nunes Rosa **A interdisciplinaridade nos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio** [dissertação] / Fernanda Nunes Rosa Mangini; orientador, Lucídio Bianchetti. – Florianópolis, SC, 2010.

MORAN, José Manuel. **Comunicação e Educação**, São Paulo, (2): 27 a 35,. jan./abr. 1995.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências** – V1(1), p.20-39, 1996.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, 2002. p. 283-306.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? In: **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 72-89, 2007.

NÓVOA, A. Matrizes curriculares. [set. 2001]. Entrevista concedida ao Programa Salto para o Futuro. Rio de Janeiro, TV Escola (MEC). Disponível em: <http://tvbrasil.org.br/saltoparaofuturo/entrevista.asp?cod_Entrevista=59>. Acesso em: 23 mar. 2017.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica**, vol. 2 – Fluidos, Oscilações e ondas, calor, 4. ed., São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1998.

PAVÃO, A. C. Boletins 2006 - **O livro didático em questão** - Programa 1 - Ensinar ciências fazendo ciência.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SÁ, E. F. de, PAULA, H. de F, LIMA, M. E. C.; AGUIAR, O. G. de. **As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 6, Florianópolis, SC, Atas, 2007.

SA, E. F. ; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JUNIOR, O. G. . A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências** (Online), v. 16, p. 79-102, 2011.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo da física 2: Hidrostática, termologia, óptica**. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005b. (2º ano).

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n.1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, L. H.. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 41-61. 2013.

SENRA, C. P. e BRAGA, M. **Pensando a natureza da ciência a partir de atividades experimentais investigativas numa escola de formação profissional**. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** Vol. 31, Nº. 1, 2014, págs. 7-29

SOLINO, Ana Paula E GEHLEN, Simoni Tormöhlen **Abordagem temática Freireana e o ensino de ciências por investigação: possíveis relações epistemológicas e pedagógicas**. **Investigações em Ensino de Ciências – V19(1)**, pp. 141-162, 2014.

SOUZA, D. R. JR.. **O ensino de eletrodinâmica em uma perspectiva investigativa: analisando os desdobramentos sobre a aprendizagem dos estudantes**. 2014. 121f. dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Estado do Espírito Santo, Vitória, 2014.

TRAZZI, P. S.S.. **Ação mediada em aulas de Biologia: um enfoque a partir dos conceitos de fotossíntese e respiração celular**. 2015. 178f. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

TRAZZI, P. S.S; OLIVEIRA, I. M.. **O processo de apropriação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular por alunos em aulas de biologia**. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Online), v. 18, p. 85-106, 2016.

VIGOTSKI, L. S. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. In: VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 7. ed. São Paulo: Ícone, 2001. p. 103-119.

VYGOTSKI, L.S. (2001). **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo. Editora Martins Fontes.

VYGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo, SP: Martins Fontes, 2009.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Tradução: Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZÔMPERO, A. F; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens**. Rev. Ensaio | Belo Horizonte v.13 n.03 p.67-80 set-dez 2011.

ZÔMPERO, A. F; LABURÚ, C. E. **Implementação de atividades investigativas na disciplina de ciências em escola pública: uma experiência didática**. Investigações em Ensino de Ciências, V17, n. 3, p. 675-684, 2012.

ZYLBERSZTAJN, Arden. **Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino**. Revista de Ensino de Física. v. 5, n. 2. p. 3-16, dez., 1983.)

7. APÊNDICES

7.1 Apêndice I - PRODUTO EDUCACIONAL



Universidade Federal do Espírito Santo
Centro de Ciências Exatas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional

**SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA: CRIANDO UM SISTEMA DE
REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA TRABALHAR O TEOREMA
DE STEVIN**

Por

Giovane Pereira Rodes
giovanerodes@gmail.com

sob a orientação de

Prof(a). Dra. Mirian do Amaral Jonis Silva
mirianjonis67@gmail.com

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é uma sequência de ensino investigativa Carvalho et al. (2013), que é o resultado de um trabalho de pesquisa do Mestrado Profissional em Ensino de Física, ofertado pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo. Ele foi concebido considerando a importância de se potencializar a aprendizagem de conceitos sobre a hidrostática, principalmente no que se refere ao Teorema de Stevin, privilegiando a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, com o professor assumindo de forma concreta sua função de mediador do ensino.

Nossa Unidade foi desenvolvida sob o formato de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), que parte do conceito de que um conteúdo deve ser desenvolvido a partir de um problema aberto ou questão aberta Azevedo (2004), de maneira que ao tentar encontrar uma possível solução, os alunos inicialmente em pequenos grupos elaborem hipóteses, muitas vezes embasadas em seus conhecimentos cotidianos, o que permite ao professor, durante a socialização destas possíveis soluções, com a turma inteira, promover um debate, com perguntas que possam perturbar a estrutura cognitiva dos alunos, buscando por meio destas discussões, caminhar para uma solução para o problema ou questão aberta, mais próxima da aceita cientificamente (BORGES, 2002, AZEVEDO 2004, SÁ, LIMA e AGUIAR JR, 2011, CARVALHO 2013).

Com a intenção de fortalecer os conceitos relacionados à hidrostática, ela foi concebida em sete aulas de cinquenta e cinco minutos cada. As três primeiras aulas, foram destinadas para os estudantes encontrarem uma possível solução para um problema, que era como captar e reaproveitar a água da chuva na escola, finalizando este momento com uma apresentação de uma maquete da solução proposta por cada grupo de alunos.

QUESTÕES ABERTAS

Chamamos de questões abertas aquelas em que procuramos propor para os alunos fatos relacionados ao seu dia-a-dia, e cuja explicação estivesse ligado ao conceito discutido e construído nas aulas anteriores.

PROBLEMAS ABERTOS

Os 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 situação apresentada. De forma diferente das questões abertas, que abrangem apenas os conceitos, o problema aberto deve levar à matematização dos resultados.

(AZEVEDO, 2004, p. 29-30)

A quarta e quinta aula são destinadas a uma demonstração experimental investigativa para iniciar a discussão sobre o Teorema de Stevin. Por fim, na sexta aula os alunos fazem uma avaliação formal com perguntas objetivas e discursivas e na sétima aula eles, apresentam as maquetes produzidas.

Por fim, esperamos que esta sequência didática, seja útil, e que possa potencializar as aulas sobre os conceitos relacionados a hidrostática, a todos os profissionais da educação que desejam fazer uso deste produto em suas aulas, assim como foram e estão sendo úteis para o professor/pesquisador.

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Mestrando: Giovane Pereira Rodes

Orientadora: Professora Dr (a). Mirian do Amaral Jonis Silva

Conteúdo: Teorema de Stevin.

Público alvo: Alunos da primeira série do Ensino Médio da EEEFM “Hilda Miranda do Nascimento”.

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM¹⁰.

ATITUDINAL:

- ✓ Ter um posicionamento crítico e investigativo perante o problema proposto;
- ✓ Trabalhar em grupo de forma colaborativa;
- ✓ Respeitar as diferentes ideias e pensamentos buscando sempre o diálogo.

PROCEDIMENTAL:

- ✓ Estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou linguagem oral;
- ✓ Interpretar ideias estruturadas e executadas e executar procedimentos;
- ✓ Elaborar hipóteses;
- ✓ Desenvolver/aplicar modelos explicativos;
- ✓ Testar hipóteses;
- ✓ Realizar exposição oral;
- ✓ Elaborar relatório.

CONCEITUAL:

- ✓ Sensibilizar os estudantes quanto à importância da água e seu reaproveitamento.
- ✓ Descrever o Teorema de Stevin.
- ✓ Compreender a importância do Teorema de Stevin para solução de problemas em diversas situações cotidianas.

¹⁰ Os objetivos de aprendizagem atitudinal e procedimental foram extraídos de Souza (2014, p. 89).

Duração das aulas: sete aulas (350 minutos)

Aula 01: Proposição da situação-problema e formulação de hipóteses por partes dos alunos

Desenvolvimento da atividade

O professor pode organizar os alunos em círculo, ou deixá-los normalmente em sala de aula. Explanar brevemente sobre a crise hídrica que estamos passando (ou que passamos). Apresentar um vídeo curto sobre os problemas climáticos, disponível no seguinte endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=Nm8tPLcLn84>, em seguida, apresentar outro vídeo sobre a importância de não desperdiçar água, disponível no endereço eletrônico: <http://www.carangueijo.com>. (tempo: 15 min)

Posteriormente, realizar perguntas aos alunos, sobre o que se tratava nos vídeos. Após ouvir o que eles disserem fazer a seguinte pergunta:

Como poderíamos proceder para evitar o desperdício de água?

Ouvir algumas respostas e se possível escrevê-las no quadro.

(tempo: 10 min)

A intensão desse diálogo inicial é sensibilizar os alunos quanto a importância de se evitar desperdiçar água, para que, quando o professor for propor o problema, este fazer sentido para os alunos, e eles terem realmente o interesse em resolvê-lo.

O professor em diálogo com os alunos, ouvindo e anotando no quadro as ideias dos alunos sobre como proceder para evitar o desperdício de água, conduz sua fala, propondo aos alunos que eles resolvam o seguinte problema.

Dada a importância da reutilização da água, devido à crise hídrica que estamos vivendo, como você viabilizaria maneiras de reaproveitar a água da chuva aqui na escola? (tempo: 5 min)

Se a sala de aula possuir um projetor de slides, propor o problema por ele. Se não, possuir, aconselhamos que no lado esquerdo do quadro, o professor escreva o problema na medida em que vai dialogando com os alunos.

Organizar rapidamente a turma em pequenos grupos de até cinco integrantes, pedir para que eles discutam e apontem ideias, anotem numa folha e o professor as recolha no final da aula. O professor irá orientar os alunos, nos pequenos grupos.

Pensem e anotem por que vocês acreditam que dessa forma irão resolver o problema. (tempo: 20 min)

Avaliação: Participação dos alunos nas discussões em pequenos grupos e com a sala inteira.

Aula 02: Momento de socialização e teste das hipóteses levantadas pelos alunos.

Momento de socialização dos resultados. Organizar os alunos novamente em um círculo com os integrantes dos grupos próximos. Promover uma pequena discussão com as possíveis soluções que os alunos propuseram na aula anterior. (tempo: 10 min)

Testando as hipóteses: O professor irá explicar aos alunos que eles irão para o laboratório de informática, realizar uma pesquisa, para validar suas ideias, melhorá-las, ou ainda modificá-las. (tempo: 45 min)

Avaliação: Participação dos alunos nas discussões em pequenos grupos no laboratório de informática.

Aula 03: Etapa de sistematização do conhecimento e etapa de aprofundamento do conteúdo:

Dispor os alunos em pequenos grupos e ouvir o que cada grupo pesquisou e formulou como solução para o problema proposto. (tempo: 20 min)

O professor faz uma breve explanação: Tínhamos uma questão crucial, que era como captar e reaproveitar a água da chuva aqui na escola? Vocês fizeram sugestões para captar e reaproveitar a água da chuva. Agora vocês irão expor estas ideias na forma de uma maquete.

Solicitar que os alunos construam uma maquete. Dispor um tempo de duas semanas para que eles possam construir e testar. (tempo: 5 min)

Atividade: A água exerce pressão? O professor irá propor a seguinte questão aberta para os alunos: **Quero que vocês pensem e anotem como irão fazer para que o filete de água alcance a maior distância? Justifique sua resposta.** (tempo: 5 min)

O professor organiza a sala com os alunos em pequenos grupos de cinco alunos, entrega a cada grupo uma garrafa plástica tipo PET, fita isolante e um prego. O propósito é desafiar os alunos em uma competição para saber qual grupo faz o filete de água atingir a maior distância. (tempo: 25 min)

Avaliação: Participação dos alunos nas discussões em pequenos grupos e com a sala inteira.

Aula 04: Etapa de aprofundamento do conteúdo, realizando a demonstração experimental investigativa e discutindo o Teorema de Stevin.

Organizar a sala em círculo e no centro realizar a demonstração experimental. Ouvir dos alunos suas explicações para os efeitos do experimento, e realizar uma exposição do conteúdo Teorema de Stevin a partir da experiência. Usar apresentação em slides se possível.

Dividir os alunos em dupla e solicitar que eles respondam as seguintes questões abertas:

Em qual orifício a água jorra com mais velocidade e por que isso ocorre?

Discuta como a pressão varia dependendo da profundidade do orifício considerado?

Ao término da aula, recolher as respostas dos alunos. (tempo: 55 min)

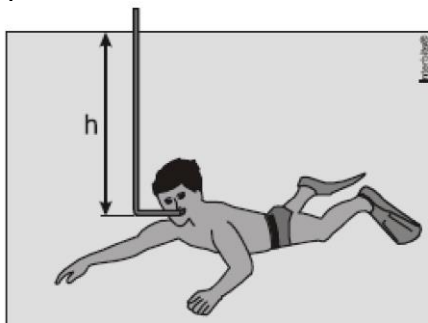
Avaliação: Participação dos alunos nas discussões em pequenos grupos e com a sala inteira.

Aula 05: Etapa de aprofundamento do conteúdo, resolvendo exercícios abertos sobre o Teorema de Stevin.

O professor irá resolver os dois exercícios propostos abaixo, e posteriormente solicitar que os alunos resolvam alguns do livro didático disponível na sua respectiva escola. Fazer a correção destes exercícios. Se possível selecionar exercícios conceituais e algébricos. (tempo: 55 min)

Exercício de aplicação

(Unesp 2011_MODIFICADA) A diferença de pressão máxima que o pulmão de um ser humano pode gerar por inspiração é em torno de 10000 Pa ou 0,1 atm. Assim, mesmo com a ajuda de um *snorkel* (respiradouro), um mergulhador não pode ultrapassar uma profundidade máxima, já que a pressão sobre os pulmões aumenta à medida que ele mergulha mais fundo, impedindo os de inflarem.



Considerando a densidade da água $d = 1000 \text{ kg / m}^3$ e a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m / s}^2$, discuta qual a profundidade máxima estimada, representada por h , a que uma pessoa pode mergulhar respirando com a ajuda de um *snorkel*?

Exercício de aplicação

(Ufpr 2011_MODIFICADA) No dia 20 de abril de 2010, houve uma explosão numa plataforma petrolífera da British Petroleum, no Golfo do México, provocando o vazamento de petróleo que se espalhou pelo litoral. O poço está localizado a 1500 m abaixo do nível do mar, o que dificultou os trabalhos de reparação. Suponha a densidade da água do mar com valor constante e igual a 1020 kg/m^3 e considere a pressão atmosférica igual a 100000 Pa. Com base nesses dados, utilize a lei de Stevin para determinar a pressão na profundidade em que se encontrava o poço.

Aula 06: Atividade de Avaliação formativa ao final da sequência de ensino investigativa.

Avaliação: Prova em dupla, com seis questões, sendo destas seis, três objetivas e três discursivas. Esta avaliação tem um valor de seis pontos, acordados inicialmente com os alunos. (tempo: 55 min)

ALUNO(A): _____ TURMA: ____ SÉRIE: ____ DATA: ____
____/____/____

PROF.: GIOVANE RODES DISCIPLINA: FÍSICA VALOR: 6 PTS NOTA: _____

Questão 01

(ENEM-2011) - Um tipo de vaso sanitário que vem substituindo as válvulas de descarga está esquematizado na figura. Ao acionar a alavanca, toda a água do tanque é escoada e aumenta o nível no vaso, até cobrir o sifão. De acordo com o Teorema de Stevin, quanto maior a profundidade, maior a pressão. Assim, a água desce levando os rejeitos até o sistema de esgoto. A válvula da caixa de descarga se fecha e ocorre o seu enchimento.

Em relação às válvulas de descarga, esse tipo de sistema proporciona maior economia de água.

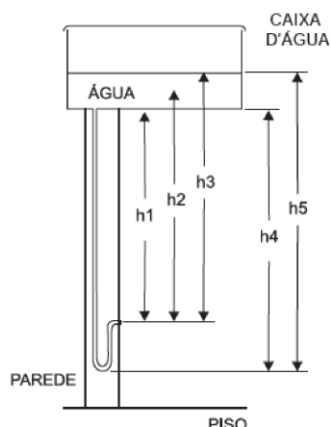


A característica de funcionamento que garante essa economia é devida:

- à altura do sifão de água.
- ao volume do tanque de água.
- à altura do nível de água no vaso.
- ao diâmetro do distribuidor de água.
- à eficiência da válvula de enchimento do tanque.

Questão 02

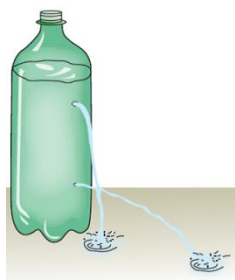
(ENEM-2012_MODIFICADA) - O manual que acompanha uma ducha higiênica informa que a pressão mínima da água para o seu funcionamento apropriado é de 20 kPa. A figura mostra a instalação hidráulica com a caixa d'água e o cano ao qual deve ser conectada a ducha.



Discuta a que altura está associada o valor da pressão da água na ducha? Justifique sua resposta:

Questão 03

(ENEM-2013_MODIFICADA) - Para realizar um experimento com uma garrafa PET cheia d'água, perfurou-se a lateral da garrafa em três posições a diferentes alturas. Com a garrafa tampada, a água não vazou por nenhum dos orifícios, e, com a garrafa destampada, observou-se o escoamento da água conforme ilustrado na figura.



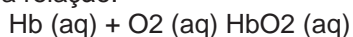
Como a pressão atmosférica interfere no escoamento da água, nas situações com a garrafa tampada e destampada, respectivamente?

Questão 04

Porque a água que está em uma caixa d'água que fica sobre uma casa de dois andares, quando distribuída pela residência, as torneiras que ficam no térreo possuem um fluxo de água maior do que as torneiras que estão no segundo andar, e que, portanto, também estão mais próximas da caixa d'água?

Questão 05

(ENEM-2015) Hipoxia ou mal das alturas consiste na diminuição de oxigênio (O_2) no sangue arterial do organismo. Por essa razão, muitos atletas apresentam mal-estar (dores de cabeça, tontura, falta de ar etc.) ao praticarem atividade física em altitudes elevadas. Nessas condições, ocorrerá uma diminuição na concentração de hemoglobina oxigenada (HbO_2) em equilíbrio no sangue, conforme a relação:



Mal da montanha. Disponível em: www.feng.pucrs.br. Acesso em: 11 fev. 2015 (adaptado).

A alteração da concentração de hemoglobina oxigenada no sangue ocorre por causa do(a)

- A) elevação da pressão arterial.
- B) aumento da temperatura corporal.
- C) redução da temperatura do ambiente.
- D) queda da pressão parcial de oxigênio.
- E) diminuição da quantidade de hemácias.

Questão 06

(ENEM_2015) Uma pessoa abre sua geladeira, verifica o que há dentro e depois fecha a porta dessa geladeira. Em seguida, ela tenta abrir a geladeira novamente, mas só consegue fazer isso depois de exercer uma força mais intensa do que a habitual. Porque o(a)

- A) volume de ar dentro da geladeira diminuiu.
- B) motor da geladeira está funcionando com potência máxima.
- C) força exercida pelo imã fixado na porta da geladeira aumenta.
- D) pressão no interior da geladeira está abaixo da pressão externa.
- E) temperatura no interior da geladeira é inferior ao valor existente antes de ela ser aberta.

Aula 07: Atividade de Avaliação formativa ao final da sequência de ensino investigativa.

Apresentação das maquetes construídas pelos alunos, com o propósito de expressarem as possíveis soluções para captação e reaproveitamento da água. Solicitar que na apresentação, busquem apresentar alguns elementos que se relacionam com o Teorema de Stevin. (tempo: 55 min)

7.2 Apêndice II TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Universidade Federal do Espírito Santo
Centro de Ciências Exatas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), do Projeto de Pesquisa sob o título **“o processo de implementação de uma sequência de ensino investigativa e o desenvolvimento de conceitos relacionados à hidrostática no ensino médio”**. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não sofrerá qualquer tipo de penalidade, de forma alguma. Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com qualquer um dos responsáveis pela pesquisa: Prof. Giovane Pereira Rodes; email: giovanerodes@gmail.com e com o orientador da pesquisa Prof.(a) Dr.(a) Mirian do Amaral Jonis Silva (UFES); e-mail: mirianjonis67@gmail.com.

Nesse trabalho, buscamos descrever o processo de implementação de uma sequência de ensino investigativo, focalizando as potencialidades e contribuições dessa vertente teórico-metodológica para a formação de conceitos físicos relacionados à Hidrostática. As aulas serão gravadas em vídeo e/ou áudio e, posteriormente, serão utilizadas unicamente com o intuito desta pesquisa, não havendo qualquer repasse a terceiros para efeito comercial/financeiro. Haverá também produção de dados na forma de textos, dissertações e quaisquer outros desenvolvidos por vocês durante as aulas.

Esclarecemos ainda que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Garantimos também sigilo que assegura a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. E reiteramos mais uma vez que você tem toda liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu, _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador Giovane Pereira Rodes sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios, caso existam, decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data _____, ____ de julho de 2016.

Assinatura do participante

Assinatura do Responsável Legal

Eu, Giovane Pereira Rodes, obtive de forma voluntária o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido** do sujeito da pesquisa ou representante legal para a participação da pesquisa.

Aluno
Responsável Legal