

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:  
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**ABORDAGEM CONTEMPORÂNEA DA MECÂNICA  
NO ENSINO MÉDIO**

**TESE DE DOUTORADO**

**Carla Moraes Rodrigues**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**

# **ABORDAGEM CONTEMPORÂNEA DA MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

**Carla Moraes Rodrigues**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Área de Concentração em Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde.**

**Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Inés Prieto Schmidt Sauerwein**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Rodrigues, Carla Moraes  
ABORDAGEM CONTEMPORÂNEA DA MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO /  
Carla Moraes Rodrigues.-2015.  
211 p.; 30cm

Orientadora: Inés Prieto Schmidt Sauerwein  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de  
Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e  
Saúde, RS, 2015

1. Ensino de física 2. Abordagem Contemporânea da Física  
3. Dimensão Humanista 4. Dimensão Investigativa 5.  
Ensino Médio I. Sauerwein, Inés Prieto Schmidt II.  
Título.

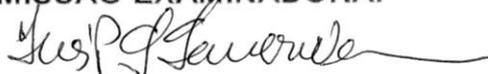
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

## **ABORDAGEM CONTEMPORÂNEA DA MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

elaborada por  
**Carla Moraes Rodrigues**

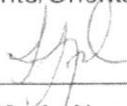
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde**

### **COMISSÃO EXAMINADORA:**



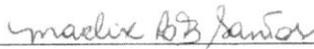
---

**Profª. Drª. Inés Prieto Schmidt Sauerwein**  
(Presidente/Orientadora)



---

**Profª. Drª. Lenira Maria Nunes Sepel (UFSM)**



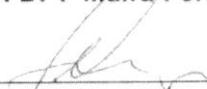
---

**Profª. Drª. Marlise Ladvocat Bartholomei Santos (UFSM)**



---

**Profª. Drª. Maira Ferreira (UFPEL)**



---

**Prof. Dr. Luiz Fernando Mackedanz (Furg)**

Santa Maria, 26 de agosto de 2015.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, João Carlos de Moraes e Cléa Lair Porto Moraes, por me ensinar a persistir na busca pelos objetivos e por serem minha base. Ao meu esposo, Creone Teixeira Rodrigues, pela doce presença, pelo apoio e companheirismo em todos os momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a DEUS, pela saúde, fé e esperança concebida a mim todos os dias.

À Professora Inés Prieto Schmidt Sauerwein, que aceitou orientar este trabalho, fazendo-o de forma paciente e comprometida, além de sempre me incentivar nos novos caminhos.

Ao professor Ricardo Andreas Sauerwein, pelo importante auxílio na elaboração do site FISQUIM.

A toda a minha família, que sempre esteve torcendo por mim, em particular aos meus pais, que são minha base de apoio, e ao Cre pelo afeto e incentivo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências.

Aos colegas do PPG, pela convivência durante o período do doutorado, em especial aos membros do grupo Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências e à Janessa, pela grande amizade e por dividir momentos de angústias e alegrias.

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da  
Vida e Saúde  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ABORDAGEM CONTEMPORÂNEA DA MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

AUTORA: CARLA MORAES RODRIGUES

ORIENTADORA: INÉS PRIETO SCHMIDT SAUERWEIN

Data e Local da Defesa: Santa Maria, agosto de 2015.

No presente trabalho é apresentada uma Abordagem Contemporânea da Física para o Ensino Médio. Para a construção dessa abordagem, partiu-se da hipótese de que para o desenvolvimento de uma cultura científica nos alunos faz-se necessário o estabelecimento da dimensão humanista e da dimensão investigativa em sala de aula. Tais dimensões contemplam a abordagem dos conteúdos sob os enfoques histórico-filosófico, social, experimental e tecnológico. Partindo desses pressupostos, foi elaborado um planejamento didático que, por ser estruturado com base na abordagem desenvolvida neste trabalho, foi denominado Abordagem Contemporânea da Mecânica. Para a estruturação desse planejamento didático foram consultados sete periódicos da área de ensino de Física e de educação em Ciências. A pesquisa realizada nas publicações de 2009 a 2012 selecionou 56 artigos, onde ao menos uma das dimensões da Abordagem Contemporânea da Física foi desenvolvida em sala de aula. Da análise desses artigos, foi possível observar que os trabalhos foram desenvolvidos em diferentes níveis de ensino e com conteúdos distintos. A partir das informações obtidas com a leitura dos artigos selecionados, foi estruturado o planejamento didático implementado a alunos do primeiro ano do Ensino Médio. Durante a aplicação das aulas, foram desenvolvidas com os alunos dez atividades, onde seis foram realizadas em sala de aula e quatro foram publicadas no site FISQUIM. Da análise das atividades realizadas pelos alunos e de trechos do diário de aula produzido pela professora e autora desta tese, destaca-se que os conteúdos relacionados à mecânica permitem uma abordagem contemporânea e as narrativas presentes nos diários de aula fornecem informações para a reflexão da prática docente. Da mesma forma, a análise dos dados permitiu inferir que o site FISQUIM ampliou o diálogo entre professor e alunos. Como implicações para a prática docente, a Abordagem Contemporânea da Mecânica demonstrou que, mesmo com os condicionantes próprios do cotidiano escolar, uma abordagem que valoriza a contextualização e a investigação contribui para o processo formativo do aluno.

**Palavras - chave:** Ensino de física, Abordagem Contemporânea da Física, Dimensão Humanista, Dimensão Investigativa, Ensino Médio.

## **ABSTRACT**

Doctoral Thesis  
Graduate Program in Sciences Education: Chemistry and Health  
Universidade Federal de Santa Maria

### **CONTEMPORARY APPROACH THE MECHANICS IN THE HIGH SCHOOL**

**AUTHOR: CARLA MORAES RODRIGUES**  
**ADVISOR: INÉS PRIETO SCHMIDT SAUERWEIN**  
Place and Date of Defense: Santa Maria, August, 2015.

In the present work it is presents a Contemporary Approach Physics for High School. For the construction of this approach, starting point was the hypothesis from what for the development of a scientific culture in the students it is necessary to establish the humanistic dimension and the investigative dimension in the classroom. These dimensions include of contents under the approaches historical-philosophical, social, experimental and technological. Based on these assumptions, It was elaborate a planning didactic planning that, to be structured based on the approach developed in this work, it was called Contemporary Mechanics Approach. For the structuring of this educational planning were consulted seven journals of teaching area of physics and education in science. The search held in publications of 2009 to 2012 selected 56 articles, where at least one dimension of Contemporary Physics approach was developed in the classroom. The analysis of these articles, it was observed that the works were carried out at different levels of education and different contents. From the information obtained by reading the articles selected, it was structured the didactic planning deployed to students the first year of high school. During the application of lessons, They were developed with the students ten activities, where six were performed in the classroom and four were published on the site FISQUIM. The analysis of the activities performed by students and diary excerpts class produced by teacher and author of this thesis, stands out that the contents related to mechanics allow a contemporary approach and these narratives in the daily lesson provide information to the reflection of teaching practice. Similarly, data analysis allowed to infer the site FISQUIM expanded dialogue between teacher and students. How implications for teaching practice, the Contemporary Approach Mechanics demonstrated that, even with the own conditions of school routine, a approach that values the contextualizing and research contributes to the formative process of the student

**Keywords:** Physics teaching, Contemporary Physics Approach, Humanist Dimension, Investigative Dimension, High school.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração da Trilha de Gênios.....	115
Figura 2 – Mapa Conceitual da Cinemática.....	121
Figura 3 – Primeira atividade do site FISQUIM.....	132
Figura 4 - Medidas do grupo que utilizou o Procedimento 2.....	147
Figura 5 - Medidas do grupo que utilizou o Procedimento 1.....	148
Figura 6 – Gráfico do aluno 1 para a quarta atividade.....	149
Figura 7 – Gráfico do aluno 2 para a quarta atividade.....	150
Figura 8 – Gráfico do aluno 3 para a quarta atividade.....	150
Figura 9 – Gráfico do aluno 4 para a quarta atividade.....	150
Figura 10 – Gráfico do aluno 5 para a quarta atividade.....	151
Figura 11 – Gráfico do aluno 6 para a quarta atividade.....	151
Figura 12 – Gráfico do aluno 7 para a quarta atividade.....	151
Figura 13 – Resposta do aluno 1 para a quinta atividade.....	153
Figura 14 – Resposta do aluno 2 para a quinta atividade.....	154
Figura 15 – Medidas do grupo 1 para a sexta atividade.....	158
Figura 16 – Gráfico do grupo 1 para a sexta atividade.....	159
Figura 17 – Medidas do grupo 2 para a sexta atividade.....	160
Figura 18 – Gráfico do grupo 2 para a sexta atividade.....	160
Figura 19 – Imagem do aluno 1 para a atividade 1.....	165
Figura 20 – Imagem do aluno 2 para a atividade 1.....	165
Figura 21 – Imagem do aluno 3 para a atividade 1.....	166
Figura 22 – Imagem do aluno 4 para a atividade 1.....	167
Figura 23 – Imagem do aluno 5 para a atividade 1.....	168
Figura 24 – Imagem do aluno 6 para a atividade 1.....	169
Figura 25 – Imagem do aluno 7 para a atividade 1.....	169
Figura 26 – Imagem do aluno 8 para a atividade 1.....	170
Figura 27 – Imagem do aluno 9 para a atividade 1.....	170
Figura 28 – Imagem do aluno 10 para a atividade 1.....	171
Figura 29 – Imagem do aluno 11 para a atividade 1.....	171

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Matrículas no ensino médio no ano de 2008 nas redes públicas e privadas.....	22
Gráfico 2 – Ingressantes no ensino superior no ano de 2011.....	23

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese das aulas da Abordagem Contemporânea da Mecânica.....	109
Quadro 2 – Respostas dos alunos à primeira atividade.....	139

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de matrículas e concluintes no ensino superior, segundo áreas gerais do conhecimento.....	24
Tabela 2 – Países membros da OCDE.....	25
Tabela 3 - Histórico das avaliações do PISA.....	27
Tabela 4 – Resultados do PISA por nível para o Brasil e outros países da OCDE.....	29
Tabela 5 - Periódicos consultados e seus respectivos Qualis.....	55
Tabela 6 – Síntese dos enfoques.....	131

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 - Relações entre dimensões e enfoques da construção da Abordagem Contemporânea da Física.....	49
Diagrama 2 - Distribuição do total de trabalhos publicados por categorias.	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GPS - Sistema de Posicionamento Global

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

EJA - Educação de Jovens e Adultos

IES - Instituições de Educação Superior

PISA - Programa Internacional de Avaliação de Estudantes

OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

SAIN - Secretaria de Assuntos Internacionais

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Educacionais

DCN - Diretrizes Curriculares Nacionais

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

PSSC - Physical Science Study Committee

SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física

PEF - Projeto de Ensino de Física

USP - Universidade de São Paulo

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

FAI - Física Auto-Instrutiva

PBEF - Projeto Brasileiro de Ensino de Física

GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

PCNEM - Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio

PUC/SP

ASC – Atividades baseadas em Simulações Computacionais

AE - Atividades Experimentais

AM - Amplitude Modulation, na língua portuguesa Modulação em Amplitude

FM - Frequency Modulation, na língua portuguesa Modulação em Frequência

FCI - Teste americano Force Concept Inventory

Detran/RS - Departamento Estadual de Trânsito/ Rio Grande do Sul

MPEAC - Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências

CFC - Centro de Formação de Condutores

CFC's - Clorofluorocarbonetos

ARPA-E - Agência de Projetos de Pesquisa Avançada para a Energia dos Estados Unidos

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A - Texto utilizado na aula 3 – Segunda atividade.....	210
Anexo B - Texto atividade 2 do site FISQUIM.....	212

# SUMÁRIO

<b>Introdução</b> .....	17
<b>1. Um olhar sobre o Ensino Médio no Brasil</b> .....	21
1.1 O educando do Ensino Médio.....	21
1.2 Os documentos oficiais e o Ensino Médio.....	31
<b>2. Abordagem Contemporânea da Física</b> .....	35
2.1. Formação da Cultura Científica.....	35
2.2. Dimensão Humanista.....	38
2.2.1. Enfoque Histórico-Filosófico .....	41
2.2.2. Enfoque Social.....	42
2.3. Dimensão Investigativa.....	43
2.3.1. Enfoque Tecnológico.....	46
2.3.2. Enfoque Experimental .....	47
2.4. Por que uma abordagem Contemporânea da Física? .....	49
<b>3. Encaminhamentos Metodológicos</b> .....	53
3.1. Dimensões Humanista e Investigativa nos periódicos.....	54
3.1.1. Enfoque Histórico-Filosófico.....	57
3.1.2. Enfoque Social.....	66
3.1.3. Enfoque experimental.....	77
3.1.4. Enfoque Tecnológico.....	90
3.2. Conteúdos da Abordagem Contemporânea.....	101
3.2.1. Conteúdos Conceituais.....	103
3.2.2. Conteúdos Procedimentais.....	104
3.2.3 Conteúdos Atitudinais.....	104
3.3. Fontes de dados da Abordagem Contemporânea da Mecânica.....	105
3.3.1 Análise Qualitativa.....	105
3.3.2. Uso dos diários de aula no Ensino e Pesquisa.....	107
<b>4. Abordagem Contemporânea da Mecânica</b> .....	109
4.1. Detalhamento das aulas e atividades.....	109
4.2. Síntese das aulas.....	131
4.3. FISQUIM.....	132
<b>5. Resultados</b> .....	138
5.1 Atividades de sala de aula.....	138
5.1.1. Primeira atividade.....	138
5.1.2 Segunda atividade.....	141
5.1.3. Terceira atividade .....	147
5.1.4 Quarta atividade.....	149
5.1.5. Quinta Atividade.....	153
5.1.6. Sexta atividade.....	157
5.2 Atividades do site FISQUIM.....	163
5.2.1. Atividade 1.....	164
5.2.2 Atividade 2.....	174
5.2.3. Atividade 3.....	179
5.2.4. Atividade 4.....	183
<b>6. Considerações Finais</b> .....	190
<b>Referências</b> .....	198
<b>Anexos</b> .....	210

## INTRODUÇÃO

Em relação à disciplina de Física, são muitos os trabalhos na área de ensino que apresentam propostas de inserções da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Como exemplo dessa inserção, pode-se citar a pesquisa realizada por mim, autora da presente tese, em nível de mestrado. Nesta pesquisa, foi desenvolvido um módulo didático que contemplou a Teoria da Relatividade Restrita via estudo do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Após o desenvolvimento do módulo didático, as aulas foram aplicadas a uma turma do segundo ano, sendo que a hipótese utilizada foi de que, assim, os alunos já teriam conhecimento sobre os conceitos de mecânica, que tradicionalmente é abordada no primeiro ano do Ensino Médio. Para a implementação do planejamento didático desenvolvido, como eu não realizava atividades de docência, houve a necessidade de solicitar uma turma a outro professor. A pesquisa foi desenvolvida por aproximadamente dois meses, em três períodos semanais. Após a aplicação do planejamento, as aulas de Física foram novamente assumidas pelo professor regente, que voltou a abordar os conteúdos tradicionalmente trabalhados no segundo ano do Ensino Médio.

Ponderando sobre a importância de trabalhos dessa natureza para a pesquisa em ensino de Física, também não se pode deixar de mencionar a reduzida carga horária semanal da disciplina de Física no Ensino Médio, geralmente em torno de duas ou três horas/aula semanais, bem como a realidade de algumas escolas que adotam como referencial os conteúdos programáticos de vestibulares, ou então seguem as orientações propostas por materiais de apoio, como apostilas ou livros didáticos, considerando que a abordagem de assuntos diferenciados e contemporâneos pode representar uma dificuldade para os professores. Por outro lado, aspectos como o contexto histórico do desenvolvimento científico e as implicações sociais que este pode proporcionar não podem estar ausentes nas aulas de Física, uma vez que são fatores que contribuem para a formação da cultura científica dos estudantes.

Considerando esses aspectos, bem como o fato de que o período em que iniciei os estudos referentes ao doutorado coincidiu com o início de minhas atividades como professora do Ensino Médio, quando passei a vivenciar os desafios citados acima no presente trabalho, apresento e implemento uma abordagem que

contempla os aspectos relevantes à formação da cultura científica, sem deixar de ter como base os assuntos tradicionalmente estudados no primeiro ano do Ensino Médio.

Sendo assim, parto da hipótese de que uma possível solução para o desafio citado está na Abordagem Contemporânea da Física. A abordagem que defendo nessa tese contempla diferentes dimensões do conhecimento científico, a saber:

- Dimensão Humanista;
- Dimensão Investigativa.

Tais dimensões fazem parte da Abordagem Contemporânea, pois buscam ampliar os objetivos da formação dos alunos do Ensino Médio, no sentido de promover a contextualização e a investigação no ensino da mecânica. Entende-se que todos os conteúdos podem ter tal abordagem. No entanto, optou-se pelos conteúdos de mecânica, buscando dar continuidade a pesquisa de mestrado.

Dessa forma, o presente estudo procurou resolver o seguinte problema de pesquisa:

**Quais implicações para a prática docente que uma Abordagem Contemporânea dos conteúdos tradicionalmente abordados no primeiro ano do ensino médio traz?**

Buscando resolver o problema de pesquisa, são colocadas as seguintes perguntas de pesquisa:

1. Os conteúdos de mecânica, tradicionalmente abordados no primeiro ano do Ensino Médio, permitem ao professor incorporar em seus planejamentos as dimensões humanistas e investigativas?
2. Há elementos no diário de aula do professor que fornecem informações para a reflexão de sua prática docente e para reformulações no planejamento?

3. De que forma os ambientes desenvolvidos na rede mundial de computadores podem ampliar o diálogo entre professor e aluno?

Na tentativa de responder as perguntas de pesquisa, o presente trabalho apresenta como objetivo geral:

- Desenvolver e aplicar uma abordagem contemporânea dos conteúdos de mecânica, considerando a dimensão humanista e a dimensão investigativa do conhecimento científico.

Além disso, constituem-se como objetivos específicos desse estudo:

- Realizar uma revisão bibliográfica em periódicos da área de ensino, buscando identificar trabalhos que foram aplicados em sala de aula e tiveram ao menos uma das dimensões da Abordagem Contemporânea contemplada;
- Elaborar uma proposta de planejamento didático para o primeiro ano do Ensino Médio, contemplando assuntos tradicionalmente abordados sob uma Abordagem Contemporânea da mecânica;
- Implementar as aulas do planejamento didático;
- Analisar a proposta de planejamento, tendo como base as aulas, as atividades e os diários desenvolvidos pela professora;
- Analisar as atividades desenvolvidas na rede mundial de computadores.

Com a finalidade de atingir os objetivos descritos e responder às questões apresentadas, a presente pesquisa está estruturada em seis capítulos. No **Capítulo 1**, buscou-se, com a ajuda dos dados divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), traçar um perfil dos estudantes

brasileiros do Ensino Médio. Além disso, nesse capítulo são analisadas as bases legais para a seleção dos conteúdos a serem abordados nesse nível de ensino.

O **Capítulo 2** traz inicialmente os pressupostos estabelecidos para o desenvolvimento da cultura científica em estudantes do Ensino Médio. Além do mais, menciona a Abordagem Moderna e Contemporânea da Física, que constitui o foco do presente trabalho. Para tal, são descritas as dimensões que compõem a abordagem defendida e seus respectivos enfoques.

No **Capítulo 3** são descritos os encaminhamentos metodológicos do trabalho. Nesse capítulo são descritos os artigos selecionados em sete periódicos da área de ensino da Física e da educação em Ciências. Além disso, são descritos os referenciais que serviram de base para a estruturação do planejamento didático, bem como os instrumentos utilizados para a análise das atividades didáticas.

O **Capítulo 4** foi dedicado para a descrição de todas as aulas referentes à implementação do planejamento denominado Abordagem Contemporânea da Mecânica. Nesse capítulo também são ilustradas as atividades publicadas no site FISQUIM.

Já o **Capítulo 5** traz os resultados de seis atividades desenvolvidas em sala de aula e das quatro atividades publicadas no site FISQUIM.

Finalizando, no **Capítulo 6**, estão as considerações finais do presente trabalho, onde são respondidas as perguntas de pesquisa e apresentada a solução ao problema de pesquisa. Além disso, são discutidos os desdobramentos possíveis para o trabalho, bem como as contribuições e perspectivas do mesmo.

# 1. UM OLHAR SOBRE O ENSINO MÉDIO NO BRASIL

## 1.1 O educando do Ensino Médio

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96), a educação básica é composta pela Educação Infantil, pelo Ensino Fundamental e pelo Ensino Médio. A LDB 9394/96 norteia as instituições, bem como os processos de ensino que são adotados no País.

Nessa tese será abordado especificamente o Ensino Médio, que, segundo a referida Lei, é a etapa final da educação básica e sua duração é de três anos. Em seu 35º Artigo, a LDB 9394/96 trata das finalidades desse nível de ensino, onde cabe o destaque do seguinte inciso:

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico (BRASIL, 1996, P.14);

De acordo com o inciso mencionado anteriormente, cabe ao Ensino Médio a formulação de estratégias que despertem nos estudantes autonomia intelectual e pensamento crítico. Essa finalidade do Ensino Médio evidencia que o mesmo não deve buscar apenas a formação científica dos educandos, mas também precisa considerar a formação humana e social dos mesmos. Neste sentido, cabe traçar um perfil dos educandos do País, buscando identificar características que auxiliem na formulação das estratégias citadas.

Para traçar esse perfil, buscaram-se os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), cujo objetivo constitui-se em:

[...] subsidiar a formulação e implementação de políticas públicas para a área educacional a partir de parâmetros de qualidade e equidade, bem como produzir informações claras e confiáveis aos gestores, pesquisadores, educadores e público em geral (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2014).

Em busca das informações com as características que o INEP propõe-se a divulgar, foi analisado o Censo da Educação Básica. Esse Censo procura

anualmente fornecer subsídios com finalidade de traçar parâmetros para a educação básica. Segundo o Instituto, o levantamento das informações é realizado em diferentes etapas e modalidades, sendo elas: Ensino Regular (Educação Infantil e ensinos Fundamental e Médio), Educação Especial e Educação de Jovens e Adultos (EJA).

De acordo com o Censo da Educação Básica, no ano de 2008 foram realizadas 8.336.100 matrículas no Ensino Médio Regular, isto é, sem considerar alunos da EJA. O Gráfico 1, a seguir, mostra a distribuição dessas matrículas nas redes pública e privada.

Da análise do Gráfico 1, pode-se inferir que a rede estadual de ensino teve a maioria das matrículas no Ensino Médio em 2008, totalizando 86% em relação ao total. Essa porcentagem é muito semelhante à análise realizada por Rodrigues e Sauerwein (2011), que identificou que a rede estadual de ensino foi a responsável por 85% das matrículas do ano de 2005. As porcentagens para as redes privada, municipal e federal também se mantiveram semelhantes.

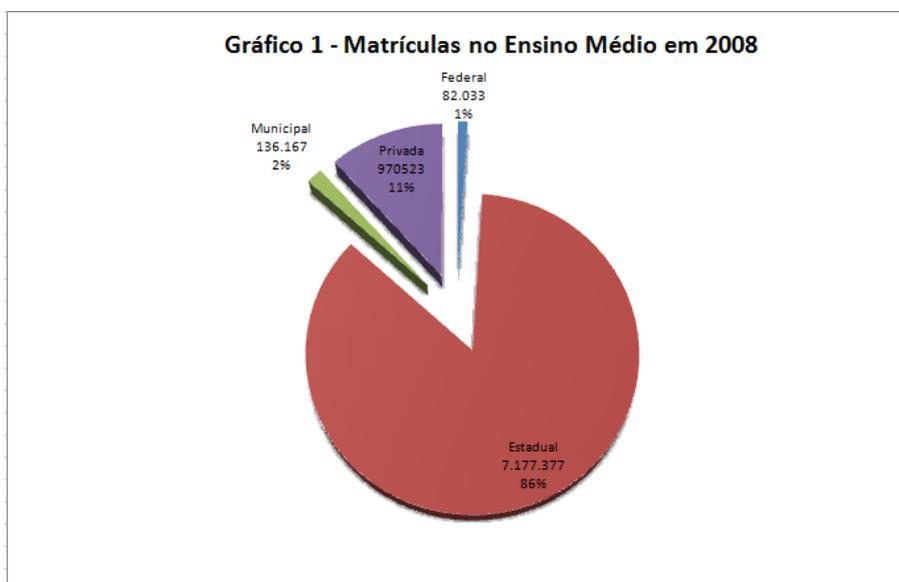


Gráfico 1 – Matrículas no Ensino Médio nas redes públicas e privadas, em 2008.

Além da análise do número de matrículas no Ensino Médio, analisou-se também o Censo da Educação Superior. O objetivo dessa análise é investigar o

número de alunos que ingressam nesse nível de ensino, bem como identificar quais áreas do conhecimento tiveram maior quantidade de matrículas.

Os censos da Educação Superior e da Educação Básica são realizados anualmente pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). O objetivo principal do Censo está em “[...] oferecer aos reitores, pró-reitores e dirigentes das Instituições de Educação Superior (IES), aos gestores das políticas educacionais e à sociedade em geral um retrato da educação superior brasileira (INEP, 2013)”.

Segundo resultados obtidos por meio do Censo, no ano de 2011 foram declarados pelas Instituições de Ensino Superior do País (IES) 30.420 cursos de graduação (presencial e a distância), onde ingressaram 2.346.695 alunos. O Gráfico 2, a seguir, mostra os processos de ingresso destes alunos.



Gráfico 2 – Ingressantes no Ensino Superior no ano de 2011.

Além disso, o Censo 2011 traz os números de matrículas e concluintes dos cursos de graduação (presencial e a distância) a que estão vinculados, segundo as áreas gerais do conhecimento<sup>1</sup>. A tabela 1, na sequência, mostra tal distribuição.

---

<sup>1</sup> O Censo divulga as estatísticas de curso em três níveis de agregação, a saber: Área Geral, Área Detalhada e Programas e/ou Cursos. Desde a edição de 2000, a categorização das denominações de curso

Pela análise da Tabela 1, pode-se verificar que a área de Ciências, para qual a presente tese está direcionada, ocupa a quinta posição no que se refere às matrículas e concluintes em 2011. Também nota-se que a área de Ciências Sociais, Negócios e Direito é aquela com maior número de matrículas e concluintes.

Tabela 1

<b>Área Geral do conhecimento</b>	<b>Matrículas</b>	<b>Concluintes</b>
<b>Ciências Sociais, Negócios e Direito</b>	41,6%	42,3%
<b>Educação</b>	20,2%	23,5%
<b>Saúde e Bem Estar Social</b>	13,9%	14,9%
<b>Engenharia, Produção e Construção</b>	11,3%	6,4%
<b>Ciências, Matemática e Computação</b>	6,3%	5,5%
<b>Agricultura e Veterinária</b>	2,3%	2,0%
<b>Humanidades e Artes</b>	2,3%	2,6%
<b>Serviços</b>	2,1%	2,9%

Fonte: MEC/INEP.

As análises do Censo da Educação Básica e do Censo de Educação Superior traçaram características gerais dos estudantes brasileiros. Na tentativa de identificar parâmetros que indiquem as relações dos estudantes da educação básica com a área de Ciências, considerando que esta é a área de interesse da presente pesquisa, optou-se por complementar a apreciação do perfil dos estudantes com a análise dos resultados obtidos pelos participantes brasileiros na prova do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA<sup>2</sup>).

Segundo o Portal do INEP, o PISA é coordenado e desenvolvido pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O programa

---

declaradas ao Censo é feita de uma adaptação da metodologia internacional de classificação proposta pela Eurostat/Unesco/OCDE.

<sup>2</sup> A sigla refere-se ao nome em inglês - *Programme for International Student Assessment*.

é uma iniciativa internacional de avaliação comparada, aplicada a estudantes na faixa dos 15 anos (2015, <http://portal.inep.gov.br/pisa-programa-internacional-de-avaliacao-de-alunos>). De acordo com a Secretaria de Assuntos Internacionais (SAIN)<sup>3</sup>, a OCDE é uma organização internacional composta por trinta e quatro membros, tendo sede em Paris e na França. A tabela 2, a seguir, mostra os países membros e o ano de ingresso dos mesmos na organização.

Tabela 2

(Continua)

<b>País</b>	<b>Ano de ingresso na OCDE</b>
Alemanha	1961
Austrália	1971
Áustria	1961
Bélgica	1961
Canadá	1961
Chile	2010
Coreia do Sul	1996
Dinamarca	1961
Eslováquia	2000
Eslovênia	2010
Espanha	1961
Estados Unidos	1961
Estônia	2010
Finlândia	1969
França	1961
Grécia	1961
Hungria	1996

<sup>3</sup> Disponível em: <http://www.sain.fazenda.gov.br/sobre-a-sain-1/ocde> . Acesso em: 29 out. 2015.

(Conclusão)

<b>País</b>	<b>Ano de ingresso na OCDE</b>
Irlanda	1961
Islândia	1961
Israel	2010
Itália	1962
Japão	1964
Luxemburgo	1961
México	1994
Noruega	1961
Nova Zelândia	1973
Países Baixos	1961
Polônia	1996
Portugal	1961
Reino Unido	1961
República Tcheca	1995
Suécia	1961
Suíça	1961
Turquia	1961

Fonte: Secretaria de Assuntos Internacionais

Segundo a SAIN, o Brasil não é membro da OCDE, porém participa do Programa Engajamento Ampliado, fato que lhe permite participar de comitês da Organização. No Brasil, a coordenação do PISA fica a cargo do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Segundo informações do INEP, o programa busca:

[...] produzir indicadores que contribuam para a discussão da qualidade da educação nos países participantes, de modo a subsidiar políticas de melhoria do ensino básico. A avaliação procura verificar até que ponto as escolas de cada país participante estão preparando seus jovens para exercer o papel de cidadãos na sociedade contemporânea (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2014).

Em relação aos objetivos do PISA, é possível perceber que estes buscam identificar parâmetros que estão em conformidade com as finalidades propostas pela LDB 9394/96 para o Ensino Médio, que apontam para o aprimoramento do estudante como pessoa humana, conforme já mencionado anteriormente. Já o PISA busca identificar o quanto as escolas estão contribuindo para tal aprimoramento.

O PISA realiza suas avaliações a cada três anos. Essas avaliações abrangem três áreas do conhecimento: Leitura, Matemática e Ciências. A cada aplicação da avaliação é dada maior ênfase para uma das áreas. A Tabela 3, na sequência, mostra o histórico das avaliações e as ênfases por ano de aplicação.

Tabela 3

<b>Ano de aplicação</b>	<b>Ênfase</b>
<b>2000</b>	Leitura
<b>2003</b>	Matemática
<b>2006</b>	Ciências
<b>2009</b>	Leitura
<b>2012</b>	Matemática
<b>2015</b>	Ciências

Fonte: Resultados Nacionais - PISA 2006.

A partir do ano de 2009 o PISA iniciou um novo ciclo de ênfases, retomando o foco das avaliações em leitura. A próxima avaliação do PISA é em Ciências, objeto de análise da presente tese. Dessa forma, serão analisados os resultados da avaliação do ano de 2006.

O INEP divulga relatórios com os resultados das avaliações. Segundo o Instituto, estes relatórios têm como finalidade:

[...] apresentar os resultados brasileiros no PISA 2006 e iniciar uma discussão sobre esses resultados com vistas à melhoria da qualidade da educação brasileira. Nesse sentido, o relatório aprofunda a análise da proficiência dos estudantes brasileiros em conhecimentos de Ciência e sobre Ciência e explora a correlação dos resultados de desempenho com os elementos sócio-econômicos e culturais nos contextos específicos de

cada estudante e de sua escola, o que pode ser bastante útil para o diagnóstico do sistema educacional, permitindo inclusive comparações com resultados oriundos de outras pesquisas sobre o tema (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2008, P.16).

Neste sentido, os relatórios divulgados servirão como instrumento de coleta de informações para a presente pesquisa, sendo que através dos mesmos será possível identificar as características dos estudantes brasileiros.

As avaliações do PISA não examinam somente os aspectos já citados, Leitura, Matemática e Ciências, mas também hábitos de leitura, motivações e preferências por diferentes tipos de situações de aprendizado que os estudantes possuem.

Segundo relatórios divulgados pelo INEP no ano de 2006, participaram da avaliação do PISA 57 países, sendo 5 sul-americanos: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia e Uruguai. No total, 400 mil educandos representaram um universo de 20 milhões de estudantes dos 57 países. No Brasil, participaram 4.893 em 2000 e 4.452 em 2003. Já em 2006, buscando uma maior abrangência nos resultados, participaram da avaliação 9.345 alunos das 27 unidades da Federação Brasileira. No entanto, por motivos técnicos foram computados os dados de 9.295 estudantes elegíveis, ou seja, alunos nascidos entre 1º de maio de 1990 e 30 de abril de 1991, matriculados na 7ª ou 8ª série do Ensino Fundamental ou em qualquer das séries do Ensino Médio.

Segundo o relatório divulgado pelo INEP, em se tratando da avaliação em Ciências, o PISA avaliou:

“[...] a capacidade de realizar tarefas relacionadas a Ciências em uma série de situações que afetam a vida dos estudantes, seja em termos pessoais, seja na sua convivência social. O desempenho dos estudantes foi avaliado em termos de seus conhecimentos e competências (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2008, p. 35).

Novamente foram observados pontos em comum em relação às finalidades do Ensino Médio, estabelecidas pela LDB 9394/96, e dos objetivos das avaliações do PISA. Enquanto as anteriores mencionadas no presente estudo buscam a formação ética dos alunos, essa procura meios para verificar a postura dos

estudantes perante as questões do seu cotidiano, mostrando assim um sincronismo entre o que deve ser ensinado e o que está sendo avaliado.

Na prova de 2006, cuja ênfase foi em Ciências, cada estudante recebeu uma nota baseada na dificuldade das questões que conseguiu resolver. Para estabelecer a nota, a OCDE estabelece uma escala de 1 a 6, onde o nível 1 representa que o estudante tem limitado conhecimento científico, enquanto o nível 6 mostra que o aluno demonstra claramente capacidade de reflexão científica, sendo capaz de relacionar diferentes fontes de informação.

A Tabela 4, a seguir, demonstra o número de alunos que alcançou cada nível da escala descrita anteriormente, para o caso da proficiência em Ciências. Essa Tabela (4) mostra os valores para alunos brasileiros e dos países de OCDE.

Tabela 4:

	Nível	Abaixo de 1	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5	Nível 6
<b>Brasil</b>	Número de alunos	<b>2815</b>	<b>3084</b>	<b>2075</b>	<b>961</b>	<b>316</b>	<b>42</b>	<b>2</b>
	Percentual	27,92	33,09	23,78	11,25	3,40	0,52	0,04
	Erro padrão	0,99	0,96	0,93	0,88	0,42	0,21	0,04
<b>OCDE</b>	Número de alunos	13033	37622	62366	67777	48746	18534	3199
	Percentual	6,87	16,34	24,23	25,13	18,72	7,37	1,35
	Erro padrão	0,28	0,30	0,35	0,27	0,30	0,30	0,08

Fonte: Resultados Nacionais – PISA 2006.

Cabe destacar que, segundo a OCDE:

[...] o nível mínimo em que se poderia considerar que o estudante está apto a tornar-se um cidadão capaz de incorporar-se à sociedade de forma ativa e consciente é o Nível 2. Por esse critério, os estudantes situados no Nível 1 de desempenho, ou abaixo desse nível, não demonstram possuir competência científica para assumir plenamente seu papel de cidadão na sociedade contemporânea (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2008, P.39).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4 e a citação mencionada anteriormente, pode-se enfatizar que mais de 60% (61,01%) dos estudantes brasileiros que realizaram as avaliações do PISA em 2006 estão abaixo do Nível 2, ou seja, mais da metade dos estudantes não demonstraram possuir competência científica para atuar na sociedade. Além disso, cabe o destaque que apenas 2 alunos, dos 9.295, alcançaram o nível 6, isto é, aplicaram o conhecimento científico em uma grande variedade de situações complexas de vida.

De acordo com o relatório divulgado pelo INEP, poucos alunos atingem o Nível 6, inclusive nos países com maior média global. No entanto, ao compararmos os dados da Tabela 4, observamos que os outros países da OCDE tem em torno de 9% dos alunos que atingiram os níveis 5 ou 6, enquanto para o Brasil esse percentual ficou abaixo de 1%.

Os dados obtidos através das avaliações do PISA podem justificar a baixa procura por cursos da área de Ciências, Matemática e Computação, pois se mais da metade dos alunos está abaixo dos níveis considerados básicos pela OCDE, então se pode inferir que esses não desejarão continuar seus estudos em áreas que apresentam tamanha dificuldade.

No entanto, em relação aos resultados do PISA, não se pode concluir que essa realidade é exclusivamente brasileira, pois em um estudo realizado por Carrasco e Torrecilla (2009), os referidos autores discutem as avaliações de aprendizagem e os resultados obtidos por países da América Latina, apontando que,

[...] os jovens latino-americanos, com idades próximas ao término da escolaridade obrigatória, não adquiririam as competências necessárias para enfrentar com êxito tarefas de apropriação, de análise, de interpretação, de intercâmbio, de comunicação e de integração do conhecimento e da realidade, exigidas pela dinâmica e complexidade das sociedades contemporâneas (CARRASCO; TORRECILLA, 2009, p. 32).

Dessa forma, o Brasil e a América Latina, no geral, têm o desafio de desenvolver estratégias de ensino que desenvolvam nos alunos as competências necessárias para que possam integrar o conhecimento com a realidade, bem como refletir e utilizar tais conhecimentos para intervir eticamente na sociedade.

Em relação aos profissionais da área de Ciências, Matemática e Computação, cabe aos governantes o estabelecimento de táticas e políticas públicas que promovam o reconhecimento desses profissionais e uma procura maior por cursos de graduação na área, tendo em vista que uma possível falta no mercado possa ocorrer.

## **1.2 Os documentos oficiais e o Ensino Médio**

Como citado anteriormente, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96) norteia as instituições e os processos de ensino no País. Na seção anterior, tratou-se das finalidades do Ensino Médio com o olhar voltado para o aluno, buscando traçar um perfil deste para que sejam elaboradas estratégias de ensino que contemplem sua formação humana e investigativa. Nessa seção, também será analisada a LDB 9394/96. No entanto, serão analisados aspectos relacionados aos conteúdos que são abordados no Ensino Médio.

Analisando o 35º artigo da LDB 9394/96, a referida Lei esclarece em seu IV inciso no que consiste uma das finalidades do Ensino Médio.

**IV** - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (BRASIL, 1996, p.14).

Por meio desse inciso, pode-se perceber que o Ensino Médio deve ter como uma de suas intenções a formação científica dos educandos. No entanto, essa formação deve estar aliada à prática, ou seja, os conteúdos abordados precisam ter aplicação e relação com o dia a dia dos alunos.

A partir dos princípios estipulados pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional 9394/96, no ano de 2000 o Ministério da Educação divulgou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), buscando traçar um novo perfil para o currículo do

Ensino Médio. De acordo com os PCN, a reformulação curricular se fez necessária, no sentido de alguns aspectos, como, por exemplo,

[...] dar significado ao conhecimento escolar, mediante a contextualização; evitar a compartimentalização, mediante a interdisciplinaridade; e incentivar o raciocínio e a capacidade de aprender (BRASIL, 2000, p. 4).

Pode-se perceber que a justificativa de reformulação proposta pelos PCN está de acordo com o IV inciso da LDB 9394/96, citado anteriormente, tendo em vista que a Lei menciona a relação entre a teoria e a prática, sendo que os parâmetros falam em contextualização, isto é, relacionar os fundamentos científicos com situações do contexto dos estudantes.

A proposta curricular feita pelos PCN estabeleceu a divisão do conhecimento escolar em áreas. As três áreas estabelecidas foram: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias.

O foco do presente trabalho está nas áreas de Ciências da Natureza, de Matemática e suas Tecnologias, cuja aprendizagem, segundo os PCN,

[...] indica a compreensão e a utilização dos conhecimentos científicos, para explicar o funcionamento do mundo, bem como planejar, executar e avaliar as ações de intervenção na realidade (BRASIL, 2000, p. 20).

A aprendizagem nas áreas de Ciências da Natureza e de Matemática e suas Tecnologias, que incorporam as disciplinas de Física, Química, Biologia e Matemática, serão efetivas se os estudantes conseguirem aplicar os conceitos estudados em suas realidades. Ou seja, se os alunos conseguirem se utilizar das ferramentas matemáticas, conceitos, leis físicas e princípios para a compreensão do mundo, justificando assim que o ensino dessas disciplinas se volte para o contexto dos alunos, onde estes poderão aplicá-las e realizar ações na sociedade. Além disso, conforme apontam os PCN, também o emprego efetivo do termo **e suas tecnologias** no nome da área que pretende desenvolver habilidades nos educandos, permitindo que os mesmos façam julgamentos práticos no mundo tecnológico atual.

Buscando complementar os Parâmetros Curriculares Nacionais, no ano de 2002, o Ministério da Educação divulgou as Orientações Educacionais

Complementares aos Parâmetros Curriculares Educacionais (PCN+). Segundo os PCN+, juntamente com o exposto pela LDB 9394/96, o desafio a ser cumprido no momento era de superar o antigo Ensino Médio com sua tradição pré-universitária e profissionalizante.

Os PCN+ objetivaram facilitar o trabalho proposto nos PCN, com sugestões de abordagens e apoio à formação dos professores. Em relação à contextualização, já citada na LDB 9394/96 e nos PCN, os PCN+ destacam que,

[...] a contextualização no ensino de ciências abarca competências de inserção da ciência e de suas tecnologias em um processo histórico, social e cultural e o reconhecimento e discussão de aspectos práticos e éticos da ciência no mundo contemporâneo, [...] (BRASIL, 2002, p.4)

Pode-se observar que, das leis e parâmetros citados até o momento, é consenso a adoção de práticas e estratégias de ensino que levem em consideração a vivência do aluno, ou seja, que os conteúdos abordados em sala de aula tenham relação com sua realidade, para que assim esse possa compreender os processos de desenvolvimento da ciência e extrapolar os conhecimentos adquiridos para seu contexto social.

Não se pode deixar de mencionar que no ano de 2013 o Conselho Nacional de Educação definiu as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), onde em relação a etapa da educação básica para a qual esta tese direciona-se, aponta que:

A elaboração de novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio se faz necessária, também, em virtude das novas exigências educacionais decorrentes da aceleração da produção de conhecimentos, da ampliação do acesso às informações, da criação de novos meios de comunicação, das alterações do mundo do trabalho, e das mudanças de interesse dos adolescentes e jovens, sujeitos dessa etapa educacional (BRASIL, 2013, P. 146).

Nesta tese entende-se que de acordo com a legislação citada o Ensino Médio deve estar em ajuste com os princípios e fundamentos estabelecidos nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, no entanto, até o momento foram analisados e citados aspectos dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e das Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), pois durante a elaboração deste trabalho não foram publicadas orientações nas DCN relacionadas especificamente a área de Ciências da Natureza, ou da disciplina de Física.

Desta forma esta tese está de acordo com os pressupostos estabelecidos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais e pelas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.

## 2. ABORDAGEM CONTEMPORÂNEA DA FÍSICA

### 2.1. Formação da Cultura Científica

Segundo as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), a cultura científica e tecnológica integra as disciplinas constituintes da área de Ciências da Natureza.

A cultura científica e tecnológica que, como toda cultura humana, é resultado e instrumento da evolução social e econômica, na atualidade e ao longo da história (BRASIL, 2002, p. 23).

De forma geral, pode-se observar que os PCN+ apontam para uma aproximação entre Ciência e Cultura. Para definir a abordagem defendida e construída nessa tese, em um primeiro momento precisam ser discutidas as relações entre Ciência e Cultura na sala de aula.

Sobre esse aspecto, muitos pesquisadores desenvolvem abordagens de ensino que buscam integrar e aproximar Ciência e Cultura em aulas das disciplinas de Física, Química e Biologia. Como exemplo dessa aproximação na área de ensino de Física, Zanetic (2005), ao escrever sobre a Física e a Cultura na escola no contexto social e na literatura, argumenta que, salvo raras exceções, as aulas de Física são descontextualizadas e sem nenhuma relação com a Cultura. Como solução para a problemática, o autor aponta que,

[...] para mudar esse quadro o ensino de física não pode prescindir, além de um número mínimo de aulas, da conceituação teórica, da experimentação, da história da física, da filosofia da ciência e de sua ligação com a sociedade e com outras áreas da cultura. Isso favoreceria a construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa, engajada na luta pela transformação social (ZANETIC, 2005, p. 21).

Segundo a citação do referido autor, o ensino de Física deve buscar a contextualização com temas sociais ou culturais, pois segundo o mesmo, para o desenvolvimento do gosto de jovens pela busca do conhecimento, é fator determinante “[...] a vivência de um ambiente escolar e cultural rico e estimulador” (ZANETIC, 2005, p.21).

A partir do exemplar, pode-se perceber que as relações entre os temas Cultura e Ciências fazem parte do cenário de educação e ensino. Sobre esse

aspecto, a equipe de profissionais da Casa da Ciência da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) aponta que a Ciência e a Cultura estão imbricadas. Assim sendo, no campo da Ciência, o centro das atenções passa a ser o estímulo a descobertas, à inquietude e à representação. Para esses profissionais, Ciência e Cultura são vistas da seguinte forma:

[...] pertencem à humanidade porque sempre serão frutos do acúmulo de experiências anteriores que não devem ser atribuídas à genialidade de um só indivíduo. Se a ciência estuda e representa a cultura, o inverso também é uma possibilidade. Descobrir o que é possível compartilhar do conhecimento produzido pela ciência, que está culturalmente representado, e por isso se torna perceptível, é um dos desafios a que se propõe a popularização da ciência. Se a cultura recria a ciência, a ciência pode refazer-se nela, traduzir-se no seu sentido primeiro: o da busca, o da superação de seus limites, limites demarcados pelo isolamento daquele que pesquisa. Isolamento a ser superado pela generosidade de compartilhar, nem sempre o quê, mas principalmente o como, para que muitos possam usufruir desse sabor. Nessa perspectiva, apenas mais uma dentre tantas outras, o que se propõe é que a ciência possa emocionar, subir ao palco, não para ser representada, mas para representar-se (EQUIPE DA CASA DA CIÊNCIA/UFRJ, 2002, p. 170).

Conforme a citação anterior, Ciência e Cultura são fruto do acúmulo de experiências anteriores e do compartilhamento das produções científicas culturalmente representadas e perceptíveis, fator esse que representa um desafio para popularizar a Ciência.

Nesse sentido, no presente momento do Ensino Médio, onde os alunos estão inseridos em um mundo altamente tecnológico, ou seja, estão imersos em um mar de produções científicas, a sala de aula se apresenta como uma porta de acesso para compreensão das relações sociais e econômicas que levaram ao desenvolvimento científico atual.

Em relação ao estabelecimento dos temas relacionados à Ciência e à Cultura na sala de aula, ao escrever sobre a grande relação entre Ciência e a vida no mundo atual, tecnológico e com grande acesso a informação, Portela (2006) argumenta sobre a necessidade de desenvolver nos estudantes uma cultura científica que, segundo ele, caracteriza-se como o conjunto de saberes científicos,

[...] que os não cientistas precisam saber é que configura o que chamamos de **Cultura Científica**. Sua formação se dá tanto a nível informal, [...] como a nível formal, ou seja, na escola. Compartilhar esses conhecimentos com os não cientistas é que tem se caracterizado como um dos desafios de nossa educação (PORTELA, 2006, p. 36-37, grifo do autor).

Em relação ao conjunto de saberes relacionados ao desenvolvimento da

cultura científica, Portela (2006) aponta que esses estão diretamente relacionados ao conhecimento dos:

- Conteúdos da Ciência;
- Processos da Ciência;
- Das estruturas sociais ou instituições da ciência.

Da mesma forma, Paula (2006) aponta que a formação da cultura científica depende tanto da compreensão dos conceitos científicos como da natureza da Ciência. O autor justifica que, com a denominação cultura científica,

[...] queremos com essa expressão representar um conjunto de conhecimentos, atitudes, percepções que tomam a ciência como instrumento mediador do nosso diálogo com o mundo. Isso implica, por um lado, a apreensão de certos conceitos construídos no âmbito da ciência, assim como uma análise crítica sobre o processo de desenvolvimento desses conceitos, o que significa explicitar reflexões acerca da natureza da ciência (PAULA, 2006, p. 35).

Nesse sentido, a tese estruturada parte da hipótese de que uma Abordagem Contemporânea da Física contribui para o desenvolvimento da cultura científica citada, que configura um desafio para a educação atual.

Sendo assim, na presente tese é defendida a Abordagem Contemporânea da Física, onde se busca compartilhar os conhecimentos científicos em sala de aula, aliando a dimensão conceitual do conhecimento com a dimensão humanista e a dimensão investigativa, desenvolvendo assim o conjunto de saberes que estão relacionados ao estabelecimento da cultura científica.

Como dimensão conceitual do conhecimento, entendem-se os princípios, modelos e conceitos que auxiliam na interpretação e na descrição de fenômenos. A Dimensão Humanista está relacionada aos processos da Ciência e sua relação com a formação humana dos estudantes. Já a Dimensão Investigativa está direcionada ao desenvolvimento da busca pela compreensão e ao sentido da investigação científica, bem como de seus procedimentos e métodos.

Na sequência, as dimensões Humanista e Investigativa são descritas e definidas de acordo com a abordagem construída e defendida nessa tese.

## 2.2. Dimensão Humanista

Para a estruturação da Dimensão Humanista, de modo inicial, optou-se pela busca no dicionário Aurélio das definições da palavra humanismo. De acordo com o dicionário, a definição que mais se encaixa na dimensão que se busca caracterizar afirma que o humanismo consiste na “Formação do espírito humano voltado para a cultura literária e científica”. Além disso, o dicionário mostra que essa palavra tem como adjetivo o termo humanista.

Tal definição se faz importante para a compreensão da dimensão que se quer construir e que faz parte da Abordagem Contemporânea da Física, defendida e desenvolvida nesse trabalho. Igualmente, com a finalidade de caracterizar a dimensão humanista, faz-se necessário buscar na literatura da área exemplares de relações da educação em Ciências com o humanismo.

Em relação à aplicação do humanismo no sistema educacional brasileiro, de acordo com Souza (2009), durante todo o período do Império vigorou o currículo humanista. Nesse currículo, eram priorizadas as línguas clássicas, como o Grego e o Latim, as línguas modernas, como Português, Francês, Inglês, Alemão, Italiano, e, além disso, outras disciplinas de humanidades, como, por exemplo, Filosofia, História e Geografia.

Já no início da República, intelectuais e educadores, buscando a adequação dos currículos à sociedade moderna, buscaram a inserção dos estudos científicos nos programas da escola secundária.

Mais adiante, segundo Souza (2009), nos anos de democracia no país, ou seja, entre os anos de 1945 a 1964, houve uma democratização no ensino público, em especial o secundário. Tal democratização serviu para ampliar os debates acerca das finalidades do ensino secundário. Nesse contexto, o humanismo permeou os debates, onde grupos de intelectuais buscaram, a partir dele, interpretar o presente desenvolvimento científico e tecnológico. Além disso, o autor afirma que os textos produzidos na época denotam o sentido dado ao termo humanismo, que demonstravam o “[...] entendimento do humanismo como aperfeiçoamento do ser humano” (SOUZA, 2009, p. 83).

Ao comparar a definição dada pelo dicionário para o humanismo com a breve retomada da evolução da aplicação do mesmo na educação brasileira, observa-se

que ambas convergem para a formação do aluno enquanto ser humano, e também demonstram que se buscou com programas e currículos com perspectivas humanistas a formação da cultura científica, onde o conhecimento científico deu suporte para a compreensão do desenvolvimento tecnológico, mostrando assim o caráter social de tal perspectiva.

Além da retomada histórica da aplicação de currículos humanistas no Brasil, torna-se necessário analisar o quanto a perspectiva humanista está relacionada, em específico, com a área de ensino de Ciências. Sobre esse aspecto, Aikenhead (2003), ao escrever sobre perspectivas humanistas nos currículos de Ciências, aponta que tais perspectivas incluem na formação dos estudantes:

- Conscientização das dimensões humanas e sociais da prática científica, bem como suas consequências;
- Preparação para lidar com a vida real;
- Conhecimento sobre a ciência e os cientistas;
- Integração do raciocínio moral com valores e o raciocínio científico.

Para os Parâmetros Curriculares Nacionais, as disciplinas da área de Ciências da Natureza devem promover o desenvolvimento de competências e habilidades que sirvam para intervenções e julgamentos práticos. Com isso, os PCN buscam um significado para a cidadania e para a vida profissional, o que está de acordo com a perspectiva humanista apontada por Aikenhead (2003).

Além disso, os PCN trazem que com tal compreensão de ensino,

[...] o aprendizado deve contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma cultura mais ampla, desenvolvendo meios para a interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim como para a articulação de uma visão do mundo natural e social. Deve propiciar a construção de compreensão dinâmica da nossa vivência material, de convívio harmônico com o mundo da informação, de entendimento histórico da vida social e produtiva, de percepção evolutiva da vida, do planeta e do cosmos, enfim, um aprendizado com caráter prático e crítico e uma participação no romance da cultura científica, ingrediente essencial da aventura humana (PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS, 1997, p. 7).

Novamente, ao comparar as aplicações na área de Ciências às definições de humanismo, descritas anteriormente, e à cultura científica, que é a abordagem defendida e construída nessa tese, destaca-se como fator comum o desenvolvimento de uma cultura onde a busca pelo conhecimento científico é

permeado pela formação humana dos indivíduos.

Como exemplo de uma proposta com características humanistas aplicada à área de ensino de Física, pode-se citar o Harvard Physics Project, desenvolvido pelos Estados Unidos na década 70. De acordo com Moreira e Axt (1986), esse projeto voltou-se para alunos não físicos e teve forte influência humanista. Para esses autores, o projeto buscava “[...] mostrar a ciência como uma capacidade humana e o conhecimento científico acumulado como herança cultural a que todo indivíduo tem direito” (MOREIRA; AXT, 1986, p. 43).

Gerald Holton que foi um dos desenvolvedores do Harvard Physics Project, ao escrever sobre os objetivos dessa proposta, demonstra que além de sua influência humanista na preparação dos estudantes, o projeto preocupou-se com os professores. Segundo Holton (1969), o Harvard Physics Project fornecia ajuda aos docentes para abordar em sala de aula um bom ensino de Física, onde seriam priorizadas situações realistas e que demonstrassem a física na forma mais humanista possível, ao invés de um ensino pré-profissional.

Além disso, no Prefácio da Unidade Suplementar A – Partículas Elementares - os diretores do Harvard Physics Project, Gerald Holton, James Rutherford e Fletcher G. Watson deixam evidente a intenção em desenvolver um curso de Física orientado humanisticamente, e que fosse útil a estudantes com aptidões profissionais diversificadas.

Essa orientação humanística foi traduzida na organização do curso, onde os diretores trazem como um dos efeitos almejados pelo mesmo,

[...] ajudar os alunos a ver a Física como a maravilhosa actividade humana plurifacetada que realmente é. Isto significa apresentar os temas numa perspectiva histórica e cultural, e mostrar que as ideias em Física têm uma tradição e também sofrem uma evolução e adaptação permanentes (HOLTON, RUTHERFORD, WATSON, 1969)

De acordo com as produções que adotaram o humanismo como base para estruturação de currículos ou projetos de ensino, observa-se que o humanismo busca desenvolver nos alunos uma visão mais humana acerca do desenvolvimento científico. Em relação à disciplina de Física, o humanismo propõe o desenvolvimento de uma cultura, onde os assuntos abordados em sala de aula tenham aplicabilidade na vida dos alunos. Além disso, as perspectivas que adotaram o humanismo como norteador apontam que, para o desenvolvimento em sala de aula de uma dimensão

com tal característica, torna-se necessária a compreensão dos processos da construção do conhecimento.

Nesse sentido, na presente tese, parte-se da hipótese de que, para desenvolvimento de uma Dimensão Humanista em aulas de Física, faz-se necessária a abordagem dos conteúdos sob o enfoque histórico-filosófico e social, como descritos a seguir.

### 2.2.1. Enfoque Histórico-Filosófico

Pesquisas na área demonstram que o ensino de Ciências se desenvolveu de forma distanciada da história e filosofia da Ciência. De acordo com Matthews (1995), na década de noventa houve uma reaproximação entre esses campos. Tais iniciativas foram oportunas, tendo em vista a crise no ensino de Ciências que se instaurava no cenário mundial. Segundo o autor, a história e filosofia da Ciência não solucionou a crise. No entanto, apresentou algumas soluções, como a de que a história e filosofia da Ciência podem contribuir para os seguintes aspectos:

[...] podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Dessa forma, o desenvolvimento da história e filosofia da Ciência em aulas das disciplinas da área de Ciências está de acordo com a dimensão que se caracterizou anteriormente, tendo em vista que, de acordo com o autor, o enfoque histórico-filosófico está relacionado à formação humana dos alunos, isto é, busca a aproximação dos conceitos estudados com a realidade dos estudantes.

Em relação à disciplina de Física, em específico, Gil e Kalhil (2013), ao

escreverem sobre o ensino contemporâneo da Física, apontam que o ensino por transmissão é ultrapassado e a relação com a compreensão da realidade fora do espaço escolar faz-se necessária. Para esses autores, como solução para essa problemática é necessário o estabelecimento de uma reflexão crítica acerca dos conteúdos abordados em sala de aula, bem como o conhecimento da evolução histórica e filosófica por trás dos mesmos.

Nesse sentido, na mesma linha de pensamento da citação de Matthews (1995), Gil e Kalhil (2013) destacam que, “[...] buscar soluções para que possamos formar cidadãos reflexivos e críticos cômnicos de sua realidade e de seu papel na sociedade em que vivem, passa necessariamente pelo resgate histórico e filosófico das Ciências” (GIL; KALHIL, 2013, p. 468).

Sendo assim, dentro da Dimensão Humanista construída nessa tese, as aulas com enfoque histórico-filosófico buscam, além de ressignificar as aulas de Física, também demonstrar a estrutura da Ciência e desenvolver a visão de que a produção científica não é linear, mas que faz parte de um processo histórico de construção que é influenciado por fatores sociais e econômicos.

### 2.2.2. Enfoque Social

Para o estabelecimento efetivo de uma Dimensão Humanista em sala de aula é imprescindível a abordagem de temas e assuntos relacionados ao cotidiano dos estudantes, sejam eles sociais, ambientais ou econômicos. Nessa tese, parte-se da hipótese de que este aspecto da Dimensão Humanista é contemplado em aulas com enfoque social.

Ao escrever sobre as concepções do ensino de Física e a construção da cidadania, Carvalho Jr. (2002) afirma que o conhecimento científico deve ser socializado para que possa ser utilizado em melhorias para a população em geral. No entanto, destaca que muitas vezes o objetivo da educação é meramente formar cientistas e não construir valores. Não concordando com este aspecto, o autor propõe que:

Enquanto ato político, a educação escolar deve se opor a essa lógica da produtividade, primando pela construção de valores éticos, que são imprescindíveis à obtenção de uma sociedade igualitária. Os educadores têm a função de ressignificar a ética social e aplicá-la em sua área de conhecimento. O ensino das Ciências Naturais deve ser feito em plena conexão com toda essa dimensão sóciopolítica, pois a capacitação técnica é indissociável do desenvolvimento da sensibilidade de se aplicar ou não uma determinada tecnologia que, de alguma forma, pode ser nociva à natureza (CARVALHO JR., 2002, p. 53).

Dessa forma, o enfoque social busca ampliar os objetivos da formação e aplicar os valores éticos aos conteúdos de Física, e assim preparar cultural e socialmente os alunos para a compreensão de situações reais.

### **2.3. Dimensão Investigativa**

De acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), as disciplinas de Física, Química e Biologia integram a mesma área do conhecimento por terem como ponto comum a investigação da natureza e os processos tecnológicos.

Em relação à disciplina da área de interesse da presente tese, os Parâmetros Curriculares Nacionais trazem que a Física tem uma maneira singular de descrever o mundo, onde busca regularidades nos conceitos e na quantificação de grandezas. De acordo com os parâmetros, esse modo de lidar com o mundo requer o desenvolvimento de competências relacionadas à investigação e à compreensão em Física.

Tendo consciência de que a investigação é parte do cerne do desenvolvimento científico e que o estabelecimento das competências de investigação e compreensão constitui-se fator importante do processo de formação dos alunos do Ensino Médio, a abordagem construída e defendida nessa tese parte da hipótese de que, para o desenvolvimento da cultura científica em aulas de Física, além da formação humana, contemplada na Dimensão Humanista, na Abordagem Contemporânea da Física, deve ser desenvolvida a formação de uma Dimensão Investigativa.

Nesse momento, cabe então caracterizar e buscar exemplares que têm a ver com essa dimensão. Por exemplo, para o dicionário Aurélio, investigar, dentre outras

definições, significa pesquisar e examinar com atenção. Na definição dos Parâmetros Curriculares Nacionais,

[...] investigar tem, contudo, um sentido mais amplo e requer ir mais longe, delimitando os problemas a serem enfrentados, desenvolvendo habilidades para medir e quantificar, seja com réguas, balanças, multímetros ou com instrumentos próprios, aprendendo a identificar os parâmetros relevantes, reunindo e analisando dados, propondo conclusões. Como toda investigação envolve a identificação de parâmetros e grandezas, conceitos físicos e relações entre grandezas, a competência em Física passa necessariamente pela compreensão de suas leis e princípios, de seus âmbitos e limites. A compreensão de teorias físicas deve capacitar para uma leitura de mundo articulada, dotada do potencial de generalização que esses conhecimentos possuem (BRASIL, 1997, p. 24).

Nesse sentido, o desenvolvimento de uma dimensão investigativa passa pela compreensão do sentido da investigação científica e seus procedimentos e métodos.

De acordo com Rodrigues e Borges (2008), o ensino por investigação na área de Ciências começou no século XIX como uma prática de laboratório, onde o ensino por investigação referia-se a uma prática guiada, onde os alunos eram orientados para a resolução de questões. Conforme apontam esses autores, no Brasil, a abordagem no ensino de Ciências baseada por investigações começou a ser debatida após a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais de 1998.

Sendo assim, faz-se necessária uma melhor atenção aos pressupostos estabelecidos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais de 1998 quanto ao desenvolvimento das habilidades e competências a serem desenvolvidas em aulas de Física, relacionadas à investigação e à compreensão.

Conforme o documento, deverá ser abordado na disciplina de Física do Ensino Médio estratégias que busquem:

Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar (BRASIL, 1998, p. 29).

Neste sentido, com o intuito de ampliar as orientações dos PCN, foram publicadas no ano de 2002 as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Tendo em vista que a publicação dos PCN deu início aos debates acerca do ensino por investigação, faz-se necessário analisar o que a complementação dos PCN traz em relação ao desenvolvimento da

competência de investigação e compreensão.

Os PCN+, ao apontar as competências gerais no aprendizado das Ciências da Natureza e Matemática, propõem que:

[...] o conhecimento do sentido da investigação científica, de seus procedimentos e métodos, assim como a compreensão de que estão associados à continuidade entre eles e os métodos e produção tecnológicos, é algo que se desenvolve em cada uma das disciplinas da área e no seu conjunto. Isso se traduz na realização de medidas, na elaboração de escalas, na construção de modelos representativos e explicativos essenciais para a compreensão de leis naturais e de sínteses teóricas (BRASIL, 2002, p. 25).

Em relação ao aprendizado na disciplina de Física, em específico, os PCN+ trazem uma listagem com competências esperadas ao final do Ensino Médio. Em relação à competência de Investigação e Compreensão, as orientações apontam como uma das competências a ser desenvolvida “[...] fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas” (BRASIL, 2002, p. 66).

Observa-se que as orientações dos PCN, bem como as complementações sugeridas pelos PCN+, apontam que o desenvolvimento da competência de investigação, assim como de uma Dimensão Investigativa, passa pelo desenvolvimento de estratégias que priorizam o fazer. Estratégias estas que colocam o aluno a realizar medidas, estabelecer hipótese e fazer comparações, fazendo com que o mesmo seja participante ativo no processo ensino-aprendizagem.

Como exemplar na área de ensino de Física, Terrazzan (2012), ao escrever sobre a resolução de problemas em uma perspectiva investigativa, com base na argumentação de pesquisadores da área, aponta que,

[...] a argumentação em torno do ensino por investigação é bastante favorável a ele, sinalizando que esta forma de ensino estimula os alunos a refletir, debater, formular questionamentos, elaborar e confirmar ou refutar hipóteses, justificar idéias e aplicar conhecimentos em situações novas (TERRAZAN, 2012, p. 102).

A citação do autor demonstra que uma dimensão que priorize abordagens investigativas coloca o aluno no centro do processo ensino-aprendizagem, podendo assim colocar-se diante das situações estudadas, estabelecendo hipóteses e

aplicando os conceitos.

A análise realizada permitiu construir a Dimensão Investigativa que faz parte da Abordagem Contemporânea defendida nessa tese. Nesse sentido, tal análise permite definir que a Dimensão Investigativa trata da compreensão e do sentido da investigação científica e de seus procedimentos e métodos. O que pode ser discutido em um enfoque experimental e em um enfoque tecnológico, que serão descritos a seguir.

### 2.3.1. Enfoque Tecnológico

Na abordagem defendida e construída no presente estudo, parte-se da ideia de que o desenvolvimento de uma Dimensão Investigativa em sala de aula passa pela estruturação de atividades com enfoque tecnológico. Este enfoque busca ampliar os conhecimentos físicos dos estudantes de modo que as ferramentas tecnológicas contemporâneas possam ser compreendidas e incorporadas à sala de aula.

Como exemplo de utilização de ferramentas tecnológicas em sala de aula, pode-se citar a incorporação do computador em atividades de ensino de Física. Segundo Fiolhais e Trindade (2003), o ano de 1980 ficou marcado na história dos computadores no ensino, pois neste ano foi criada uma linguagem de computador, na qual as crianças tinham a possibilidade de programar e desenhar figuras matemáticas. Os autores ainda destacam que no final da década de 80 foi desenvolvida a internet, que se popularizou na década de 90, com a *World Wide Web*, que, segundo eles, foi um avanço importante na aplicação da Informática na educação. Para os autores,

[...] o computador permite novas situações de aprendizagem ao propiciar aos alunos a realização de medições de grandezas físicas em tempo real que lhes fornecem respostas imediatas a questões previamente colocadas. A apresentação gráfica de dados facilita leituras e interpretações rápidas (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 263).

Alves (2014), ao escrever sobre as potencialidades da inserção das tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física, destaca a utilização

da internet. Segundo o autor, a característica relevante desta estaria no fato de agrupar um número grande de informações e recursos. Para o autor, o ano de 2003 marcou uma mudança quanto uso da internet, pois esta passou a ser uma ferramenta de comunicação completa, onde o usuário é gerador e consumidor de informações.

Além disso, Alves (2014) destaca o uso do computador como uma ferramenta para atividades de laboratório, onde dados podem ser coletados por meio dos seus sensores e transformados em tabelas e gráficos.

Nesse sentido, na perspectiva de desenvolvimento deste trabalho, a Dimensão Investigativa pode ser desenvolvida sob um enfoque tecnológico. Neste enfoque, as ferramentas tecnológicas de informação e comunicação auxiliam no desenvolvimento da competência de investigação.

### 2.3.2. Enfoque Experimental

De acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), “[...] observar, experimentar e investigar o mundo requerem competências desenvolvidas na área de Ciências desde os primeiros anos do ensino fundamental” (BRASIL, 2002, p. 62). Essa orientação demonstra a importância das atividades experimentais que desenvolvam a observação e a investigação desde as fases nas quais os alunos são apresentados à disciplina de Ciências. Já no Ensino Médio, etapa da educação básica para a qual essa tese está direcionada, segundo os PCN+, as abordagens experimentais na disciplina de Física devem se apropriar de modelos explicativos e abstrações específicas da disciplina. Além disso, ao apontar as estratégias de ensino-aprendizagem necessárias ao desenvolvimento de competências e conhecimentos no Ensino Médio, os parâmetros trazem que,

[...] é indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (BRASIL, 2002, p.84).

Dessa forma, além de proporcionar o desenvolvimento da competência de investigação e compreensão, onde o aluno busca relações entre grandezas, interpreta resultados e desenvolve estratégias para a resolução de situações-problema, a abordagem experimental proporciona aos alunos se colocarem como participantes do processo ensino-aprendizagem.

Além dos Parâmetros Curriculares Nacionais, a abordagem experimental em aulas de Física vem sendo defendida por pesquisadores da área de ensino há décadas. Nessa perspectiva, diversas propostas envolvendo atividades experimentais foram desenvolvidas, suscitando investigações e críticas. No intuito de gerar uma reflexão a respeito das atividades experimentais no ensino de Ciências, Higa e Oliveira (2012) mapearam a fundamentação teórica que ampara tais pesquisas. Para esse mapeamento, as referidas autoras analisaram os artigos publicados ao longo de dez anos em um periódico de circulação nacional da área de ensino de Física. Dos quatorze artigos analisados, pode-se destacar que, de modo geral, as atividades experimentais englobaram abordagens que valorizavam a aprendizagem e a interação. Da análise dos artigos, as autoras inferiram que, na década analisada, a prioridade das atividades experimentais deu-se por meio da aprendizagem dos processos de construção do conhecimento na escola.

De acordo com o trabalho de Higa e Oliveira (2012), as estratégias que envolvem abordagens experimentais demonstram estar de acordo com os pressupostos estabelecidos pelos PCN+, onde os alunos são participantes da construção do conhecimento e também demonstram que estratégias puramente demonstrativas foram superadas, dando lugar ao desenvolvimento de atividades experimentais com elementos investigativos.

De acordo com as bases legais citadas e com os trabalhos apresentados, a Abordagem Contemporânea da Física, construída e defendida na presente tese, parte da ideia que a construção de uma Dimensão Investigativa em aulas de Física no Ensino Médio passa pelo desenvolvimento de atividades com enfoque experimental.

Nesse viés, o enfoque experimental busca desenvolver a aprendizagem pelo próprio aluno, onde o fazer, o manusear, o operar e o agir são privilegiados nas

atividades que desenvolvem a investigação e a busca por relações entre a teoria e os dados experimentais.

## 2.4. Por que uma abordagem Contemporânea da Física?

Nesse trabalho, as dimensões Humanista e Investigativa, juntamente com a dimensão conceitual do conhecimento científico, constituem o que se define como uma Abordagem Contemporânea da Física. Parte-se da hipótese de que essa abordagem fornece através dos enfoques histórico-filosófico, social, tecnológico e experimental os recursos de mediação que irão impulsionar o processo ensino-aprendizagem. Esses recursos buscarão desenvolver nos alunos as competências de contextualização e investigação, que juntamente com a abordagem conceitual, fomentarão a construção dos saberes científicos que configuram o estabelecimento da cultura científica.

O Diagrama 1, a seguir, demonstra as relações entre dimensões e enfoques da construção da Abordagem Contemporânea da Física.

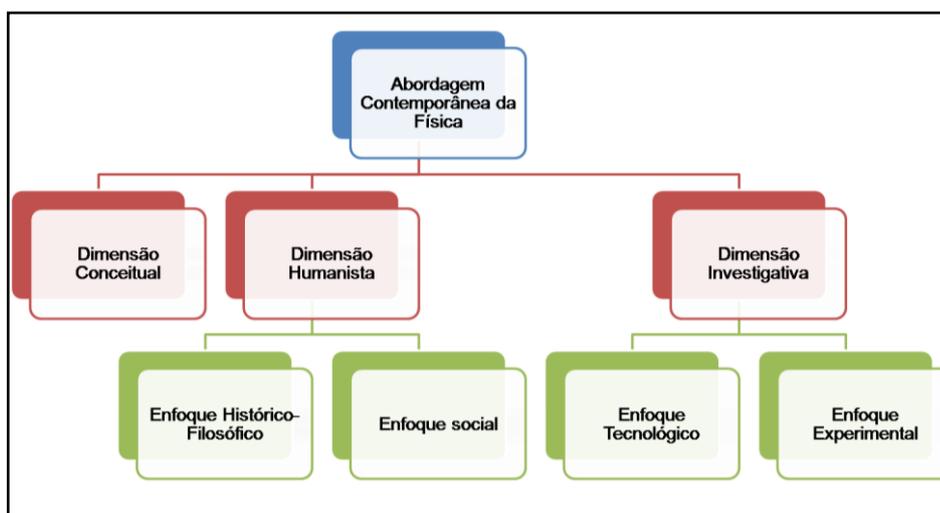


Diagrama 1 – Relações hierárquicas da Abordagem Moderna e Contemporânea da Física.

A abordagem defendida nesse estudo é denominada Contemporânea por considerar em sua essência as pesquisas e projetos em ensino de Física defendidos a partir da década de 60. Para melhor justificativa do termo, faz-se necessário descrever o histórico de desenvolvimento da área de pesquisa em ensino de Física no País.

De acordo com Nardi (2005), nas décadas de 40 e 50 foi que se iniciaram as constituições de grupos de pesquisa em ensino de Física. Segundo o autor, podem-se citar como exemplos os grupos formados nos Institutos de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e da Universidade de São Paulo.

Em relação à aplicação de projetos e currículos, no caso brasileiro, a década de 60 se caracterizou pela implementação do projeto PSSC (Physical Science Study Committee), que originalmente foi desenvolvido nos Estados Unidos. De acordo com Moreira e Axt (1986), o PSSC tinha como objetivo desenvolver os conceitos através de atividades de laboratório, análise de textos e filmes. Conforme apontam os autores, de forma resumida, o projeto norte americano pretendia “[...] mostrar a significância da física segundo o ponto de vista do cientista que a constrói” (MOREIRA; AXT, 1986, p. 43). Para Moreira (2000), o PSSC foi um projeto completo que mudou o ensino baseado no livro didático para um ensino onde os procedimentos e estruturas físicas tinham destaque.

De acordo com Moreira (2000), na mesma época, outros projetos curriculares foram desenvolvidos, como, por exemplo, Nuffield (Inglaterra), Harvard Physics Project (Estados Unidos) e o Projeto de Ensino de Física (Brasil).

O projeto para ensino de Ciências da Fundação Nuffield não foi traduzido para o Português, mas conforme aponta Gaspar (2005), o mesmo foi um importante projeto que buscou dar aos estudantes uma formação básica, cujo enfoque curricular era baseado em um ensino de Física voltado para o futuro.

No Brasil, a área de pesquisa em ensino de Física firmou-se em escala nacional no ano 1970, quando cerca de duzentos professores se reuniram no primeiro Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF). Segundo Almeida Júnior (1980, p.67) o SNEF foi “[...] o primeiro despertar para os problemas que, qualitativa e quantitativamente, embaraçavam os trabalhos no campo de ensino de Física”.

Influenciados pelo PSSC e pelo Harvard Physics Project, um grupo de professores da Universidade de São Paulo desenvolveu o Projeto de Ensino de Física (PEF), que de acordo com Moreira e Axt (1986), foi um bom exemplo de textos em que diferentes ênfases curriculares foram contempladas. Além disso, de acordo com Nardi (2005), as dificuldades de adaptação aos projetos estrangeiros fizeram com que se consolidassem os grupos de pesquisa da Universidade de São

Paulo (USP) e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e assim foram desenvolvidos os projetos nacionais como o Projeto de Ensino de Física (PEF), Física Auto-Instrutiva (FAI) e o Projeto Brasileiro de Ensino de Física (PBEF).

As décadas seguintes se caracterizaram pela relevância à aprendizagem, cuja ênfase na década de 70 foi dada ao estudo das concepções alternativas dos estudantes. Já a década de 80 se consolidou por meio de pesquisas relativas às mudanças conceituais. Durante as décadas seguintes, conforme aponta Moreira (2000), foram desenvolvidas investigações diversificadas, como, por exemplo, resolução de problemas e modelos mentais dos alunos. O referido autor aponta ainda iniciativas importantes ao ensino de Física na escola média que foram desenvolvidas ao longo dos anos. Essas iniciativas foram:

- Física no cotidiano;
- Equipamentos de baixo custo;
- Ciência, Tecnologia e Sociedade;
- Física contemporânea;
- Novas tecnologias.

Como exemplo dessas iniciativas, pode-se citar o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), constituído por um grupo de professores da rede estadual de ensino de São Paulo. Segundo a página do grupo<sup>4</sup>, o mesmo iniciou as atividades no ano de 1984 sob a orientação de professores do Instituto de Física da USP. O objetivo principal era o seguinte:

[...] elaborar uma proposta de ensino de Física para o ensino médio (2º grau) que esteja vinculada à experiência cotidiana dos alunos, procurando apresentar a eles a Física como um instrumento de melhor compreensão e atuação na realidade. (GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA, 2015).

A retrospectiva apresentada traz contribuições e tendências da pesquisa ao ensino de Física ao longo dos anos. No entanto, com relação à aplicação das pesquisas citadas em sala de aula, Moreira (2000) destaca que,

[...] cada uma destas vertentes tem seu valor, mas também suas limitações e, até mesmo, prejuízos para o ensino da Física, na medida em que forem exclusivas. Julgo que é um erro ensinar Física sob um único enfoque, por mais atraente e moderno que seja (MOREIRA, 2000, P. 95).

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref>>. Acesso em: abril de 2015.

De acordo com o autor citado e considerando as potencialidades das iniciativas que foram e estão sendo desenvolvidas na área de pesquisa em ensino de Física, a abordagem descrita nessa tese incorpora as tendências das pesquisas da atualidade e, por isso, é denominada Abordagem Contemporânea da Física.

### 3. ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo traz os encaminhamentos metodológicos utilizados nesse trabalho em relação à revisão de literatura, os referenciais para a elaboração do planejamento didático e a análise dos registros obtidos na implementação da Abordagem Contemporânea da mecânica.

A primeira seção desse capítulo aborda a pesquisa realizada em sete periódicos da área de ensino de Física e educação em Ciências. Ao todo, foram encontrados cinquenta e seis (56) trabalhos que desenvolveram em sala de aula ao menos uma das dimensões que compõem a Abordagem Contemporânea da Física.

Os trabalhos foram divididos em categorias de acordo com o enfoque que realizavam, ou seja, os trabalhos analisados foram categorizados de acordo com o enfoque histórico-filosófico, enfoque social, enfoque experimental e enfoque tecnológico.

O Diagrama 2, a seguir, demonstra a distribuição do total de trabalhos publicados, descritos na sequência, de acordo com os enfoques que formam a Abordagem Contemporânea da Física.

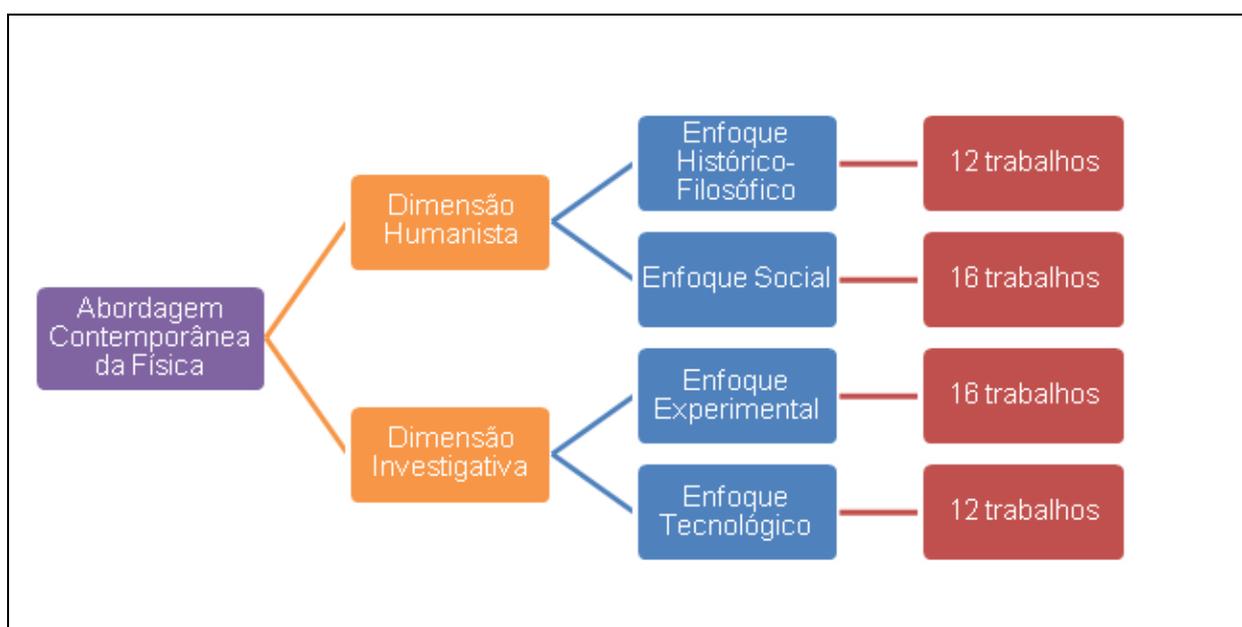


Diagrama 2 – Distribuição dos trabalhos publicados por categorias.

Na seção 3.2 são apresentados os referenciais para o estabelecimento do

planejamento didático que, em sua estruturação, considerou o desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais da mecânica.

A última seção do terceiro capítulo aborda a metodologia utilizada na análise dos resultados. Como instrumentos de análise, são considerados os registros obtidos nas atividades realizadas em aula e das atividades publicadas no site FISQUIM.

### **3.1. Dimensões Humanista e Investigativa nos periódicos**

Buscando detalhar e caracterizar as dimensões da Abordagem Contemporânea, as subseções seguintes trazem exemplares que se aproximam da abordagem descrita no presente trabalho. Esses exemplares trazem pesquisas e suas práticas em sala de aula para cada uma das dimensões consideradas. Cabe ressaltar que, para a seleção dos trabalhos nas diferentes dimensões do conhecimento científico, foram consultados seis periódicos da área de ensino de Física e educação em Ciências. Os critérios de seleção consistiram na relação dos trabalhos publicados, onde ao menos uma das dimensões da Abordagem Contemporânea da Física foi identificada e, além disso, na aplicação destes em sala de aula, em qualquer nível de ensino. Ou seja, fazem parte da seleção, a seguir, os trabalhos que demonstraram estar relacionados com as Dimensões Humanista e Investigativa e que, além disso, foram aplicados a alunos do Ensino Fundamental, ensino médio regular, ensino médio da Educação de Jovens e Adultos, ensino superior e pós-graduação.

Além disso, cabe destacar que a consulta foi realizada em artigos publicados nos anos de 2009 a 2012, em periódicos que são avaliados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Segundo a CAPES, a avaliação dos periódicos ocorre de acordo com o *Qualis*, que:

“[...] é o conjunto de procedimentos utilizados pela Capes para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação. [...] Como resultado, disponibiliza uma lista com a classificação dos veículos utilizados pelos programas de pós-graduação para a divulgação da sua produção (COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR, 2009).

A classificação da CAPES é realizada por área de avaliação. No caso da presente tese, a área de avaliação dos periódicos consultados é a área de ensino. De acordo com a área, os periódicos ou eventos podem ser estratificados como A1 (o mais elevado); A2; B1; B2; B3; B4; B5; e C (com peso zero).

A Tabela 5, a seguir, mostra os periódicos consultados e seus respectivos *Qualis*.

Tabela 5:

<b>Nome do Periódico</b>	<b>Qualis</b>
Revista Brasileira de Ensino de Física	A1
Revista Ciência & Educação	A2
Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências	A2
Revista Investigações em Ensino de Ciências	A2
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	A2
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	A2
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	B1

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Qualis.

Após a escolha dos periódicos destacados, foram selecionados os artigos que abordavam assuntos relacionados à dimensão Humanista ou relacionados com a dimensão Investigativa. A partir da leitura destes, foram categorizados, com a finalidade de agrupar os artigos com enfoques histórico-filosófico, social, experimental e tecnológico.

Os procedimentos de análise adotados no presente trabalho são os seguintes:

- Leitura dos índices dos periódicos;
- Leitura preliminar dos resumos dos artigos com o objetivo de selecionar aqueles relacionados com as dimensões.

A etapa de coleta das informações contidas nos artigos selecionados englobou:

- Leitura exploratória dos artigos selecionados;
- Leitura em profundidade destes artigos;
- Agrupamento dos artigos com características semelhantes;
- Definição e caracterização das categorias.

A caracterização dos artigos selecionados, publicados em sete (7) periódicos, baseou-se no procedimento de análise de conteúdo proposta por Bardin (1988). Segundo a autora, as diferentes fases da análise de conteúdo se organizam em torno de três pólos cronológicos:

- Pré-análise;
- Exploração do material;
- Tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

Para a referida autora, a pré-análise “[...] corresponde a um período de intuições, mas tem por objetivo tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema mais preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise” (BARDIN, 1988, p. 95). No caso desta análise, esse período consistiu na escolha dos periódicos. A exploração do material é a fase de sistematizar as decisões estabelecidas na pré-análise. Posto de outra forma, colocar em prática o que foi planejado. Na fase de exploração do material foram selecionados os artigos por meio da leitura dos resumos, que contemplavam ao menos uma das dimensões da abordagem defendida nessa tese. Na fase de tratamento, os resultados obtidos são tornados significativos e válidos. Nessa fase, foi realizada a leitura em profundidade dos artigos e aqueles com características semelhantes foram agrupados em categorias, definidas a partir das Dimensões Humanista e Investigativa.

Na sequência, estão descritos os artigos selecionados que foram agrupados em categorias de acordo com os enfoques definidos anteriormente e que fazem parte das dimensões da Abordagem Contemporânea da Física.

### 3.1.1. Enfoque Histórico-Filosófico

Segundo as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+, a competência de investigação e compreensão, relacionada à ciência e à tecnologia na história, deve ser desenvolvida nas aulas de Física. Mas, por que este documento aponta para a necessidade de articular a história da Ciência com o estudo da Ciência em si, através, por exemplo, de atividades didáticas que contemplem a competência de *investigação e compreensão*? É preciso que os alunos da educação básica compreendam que o progresso científico não é linear. Dessa forma, contemplar um enfoque histórico-filosófico nas aulas de Física pode ser uma opção para problematizar a visão de Ciência dos alunos da educação básica. Na realidade, trata-se de não passar aos alunos a visão do conhecimento científico pronto e estático, mas, sim, que este faz parte de um processo de construção e que teve seu desenvolvimento envolto por um contexto histórico, influenciado por razões sociais. Sendo assim, segundo trazem os parâmetros, se desenvolvida essa competência, ao final do Ensino Médio o aluno será capaz de “[...] compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época” (BRASIL, 2002, p. 67).

De acordo com os PCN+ (2002) e autores da área de ensino de Física e Educação e Ciências, como, por exemplo, Matthews (1995), é de suma importância a presença da história e da filosofia da Ciência em sala de aula. Dessa forma, para uma Abordagem Contemporânea da Física é imprescindível que a dimensão histórico-filosófica seja contemplada, visto as justificativas apontadas.

Pena e Ribeiro Filho (2009) apresentaram uma investigação realizada em três periódicos da área de ensino de Física. Nessa investigação, os autores buscam analisar, por meio das publicações do período, a influência dos Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM) em relação à abordagem histórica na sala de aula. Segundo os autores, dos oitenta relatos publicados nos periódicos analisados, cinco estavam relacionados à história da Ciência, e, ainda, dos cinco, apenas dois citavam os PCNEM nas referências. Como conclusão da investigação, os autores comentam que, apesar das orientações dos PCNEM, a abordagem histórica não foi significativa.

Nesse sentido, buscando encontrar indícios sobre as potencialidades da abordagem histórico-filosófica em sala de aula, na sequência são descritos os trabalhos publicados em sete periódicos, já mencionados, no período de 2009 a 2012.

Esses trabalhos trazem propostas de inserção da história e filosofia da Ciência em sala de aula, em diferentes níveis de escolarização. Além disso, juntamente com este enfoque foram adotados recursos computacionais, como, por exemplo, *softwares* ou espaços virtuais de aprendizagem. Igualmente, destaca-se que a referente categoria traz pesquisas aplicadas em sala de aula que promoveram o enfoque histórico-filosófico como estratégia de ensino aliada ao desenvolvimento de atividades experimentais. Também há relatos desta categoria que apresentam como característica a apresentação de situações-problema para o desenvolvimento do enfoque histórico-filosófico. E, ainda, esta categoria traz pesquisas que buscaram identificar com futuros professores de Física a viabilidade de abordar assuntos relacionados à história e à filosofia da Física no Ensino Médio.

Ribeiro Jr., Cunha e Laranjeiras (2012) escreverem sobre as potencialidades do uso de ferramentas computacionais no resgate das dimensões históricas e empírica. Tal resgate foi realizado por meio de uma pesquisa que utilizou o *software Modellus* para apresentar a experiência do plano inclinado proposta por Galileu Galilei (1564-1642). Da aplicação da pesquisa no Ensino Médio, os autores apontam para a superação do senso comum dos estudantes e, além disso, assinalam que os resultados obtidos na simulação possibilitaram o desenvolvimento de diálogo com a dimensão histórica dos conceitos abordados.

As perspectivas educacionais de cinco animações são analisadas por Peduzzi, Tenfen e Cordeiro (2012). Tais animações foram desenvolvidas para uma disciplina de história da Física. Para os autores,

[...] por abordarem a história da física, as animações evidenciam o contexto no qual os constructos físicos foram concebidos e desenvolvidos, propiciando uma visão mais geral dessa ciência, desvinculando-a da fragmentação comum aos cursos de formação nessa área. (PEDUZZI; TENFEN; CORDEIRO, 2012, p. 778).

Outrossim, os autores complementam que as animações tem alta relevância por suscitar debates de conceitos que não são necessariamente conhecidos pelos alunos.

Uma prática que utilizou a história da Ciência em aulas de Física é investigada por Hygino, Souza e Linhares (2013). Tal proposta didática foi baseada na metodologia de estudo de caso e o seu viés histórico apóia-se no estudo das observações de cometas no Brasil, realizado no século XVII pelo astrônomo Valentin Stasel. Participaram dessa investigação alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA), que foram estimulados a seguir uma postura investigativa e participar dos debates em sala de aula. As ações de ensino foram estruturadas e disponibilizadas aos alunos por meio de um Espaço Virtual de Aprendizagem (EVA), esse instrumento também serviu aos pesquisadores como meio para a coleta de dados. Segundo os autores, da análise das atividades pode-se destacar que,

[...] o Estudo de Caso integrado ao episódio histórico dos trabalhos de padre Stansel, permitiram que os alunos percebessem que durante o processo de formação do conhecimento científico ocorrem discussões, debates e visões divergentes sobre um mesmo fenômeno, e que esse processo é fruto de um trabalho coletivo (HYGINO; SOUZA; LINHARES, 2013, p. 19).

Além disso, os autores apontam que os alunos mostraram compreender as relações entre Ciência e Tecnologia, tendo em vista que reconheceram o desenvolvimento da luneta como contribuinte para o progresso da óptica.

Silva, Santos e Dias (2011) apresentam uma proposta de Inserção da Física Moderna e Contemporânea baseada na construção dos conceitos por meio da história da física. Segundo os autores,

[...] a história da física é um recurso inesgotável ao ensino da física. Entendemos que, revivendo os problemas que deram origem a um conceito, com os mesmos argumentos da época em que foi estabelecido, o estudante terá uma melhor compreensão do conceito, pois vai entender porque o conceito existe, ao saber os argumentos que realmente convenceram aos cientistas (SILVA; SANTOS; DIAS, 2011, p. 1).

Além do enfoque histórico os autores, citados anteriormente, apontam como relevante o enfoque experimental. Para a abordagem dessa dimensão foi reproduzido o experimento de Thomson, quando mediu a razão massa/carga.

Soares e Borges (2010) apresentam um trabalho realizado no laboratório onde a história da Ciência foi utilizada como mediadora do processo de desenvolvimento cognitivo. Nesse trabalho, os autores realizaram experimentos de baixo custo e utilizaram o *software LOGO* para a obtenção dos dados experimentais. Para os referidos autores, promover estratégias de ensino em que a história de Ciência se apresenta como mediadora se justifica pelo fato de,

[...] a história da ciência parece ir ao encontro da necessidade de despertar a reflexão do estudante sobre o universo físico e sobre um universo além do físico, com problemas sociais, culturais e éticos, dando a ele condições de interagir com esta realidade e tentar mudá-la (SOARES; BORGES, 2010, p.1).

Além de destacar as potencialidades da dimensão histórica do conhecimento, os autores afirmam que a participação dos alunos nas atividades proporcionou um ambiente de motivação que propiciou a aprendizagem de forma coletiva.

Uma investigação baseada na experimentação e na história de Ciência foi desenvolvida por Santos, Voelzke e Araújo (2012). Nessa investigação, os autores abordam o experimento referente à astronomia realizado por Eratóstenes. Segundo os autores, a abordagem da dimensão histórica do conhecimento, assim como de outros recursos,

[...] deve ser entendido como um importante caminho a ser trilhado nos ambientes educacionais, pois tende a oferecer subsídios relevantes para que os estudantes compreendam que o processo de produção de conhecimentos deve ser histórica e culturalmente situado (SANTOS; VOELZKE; ARAÚJO, 2012, p. 1140).

Os autores citados anteriormente indicam como relevante a abordagem na astronomia em sala de aula, graças à interdisciplinaridade proporcionada. Segundo

os autores, “[...] a Física, a Astronomia, a Geografia, a Matemática, a História e outras ciências possuem interfaces que podem ser exploradas nos ambientes escolares” (SANTOS; VOELZKE; ARAÚJO, 2012, p. 1163). Assim, segundo os mesmos, a abordagem interdisciplinar empregada despertou a curiosidade dos estudantes, nas diferentes disciplinas escolares. Além disso, os instrumentos de avaliação empregados na pesquisa mostraram que o desempenho dos estudantes foi notoriamente melhorado, indicando assim um aprimoramento na aprendizagem dos conceitos estudados.

Rinaldi e Guerra (2011) apresentam e avaliam uma proposta que desenvolveu no Ensino Médio uma aproximação entre aparatos experimentais históricos e a tecnologia. Nesse trabalho foi construído um transmissor de ondas eletromagnéticas, baseado no Arco de Poulsen. Segundo os autores,

[...] as discussões históricas travadas em conjunto com o manuseio de experimentos históricos e equipamentos eletrônicos permitiu aos alunos perceberem que o conhecimento científico, assim como os aparatos tecnológicos, possui uma história. Essas discussões salientaram questões importantes para a compreensão do conhecimento científico e tecnológico, [...] (RINALDI; GUERRA, 2011, p. 671)

Além disso, os autores destacam que a leitura de um material de apoio com enfoque histórico-filosófico, por parte dos alunos, enriqueceu os debates em sala de aula, pois cada aluno teve uma leitura particular do material, e assim as dúvidas geradas eram discutidas com o professor, permitindo aprofundar os conhecimentos sobre o eletromagnetismo. Igualmente, a participação intensa dos alunos foi destacada pelos autores, que apontam que o desmonte de utensílios contemporâneos, como, por exemplo, rádio e celular, juntamente com a abordagem histórica e filosófica, favorecem um ambiente de reflexão sobre o processo de construção do conhecimento.

A abordagem de conceitos físicos nas séries iniciais do Ensino Fundamental é investigada por Batista e Araman (2009). Nessa investigação, o estudo do fenômeno arco-íris estimulou um enfoque histórico-epistemológico dos conceitos. Segundo as autoras, a aplicação de uma abordagem histórica para tratar conceitos físicos nas séries iniciais do Ensino Fundamental necessita de um encaminhamento que atenda as especificidades da faixa etária. Além disso, as mesmas apontam que não

encontraram na literatura consultada referências que apontassem investigações com tais características, fato esse que tornou a investigação descrita algo instigante. Dessa forma, as autoras desenvolveram atividades empíricas que foram organizadas sob um enfoque histórico-didático que contribuiu para a aprendizagem significativa dos estudantes das séries iniciais. Para as autoras, a organização da sequência de atividades baseadas na abordagem histórica se justifica, isso pelo fato de que,

[...] o estudo da História da Ciência nos mostra que a construção do conhecimento científico é um processo contínuo de progressividade, mesmo que ocorram alguns cortes nesse processo, e não podemos considerar esses conhecimentos como definitivamente estabelecidos, mas que são constantemente modificados pelas novas criações, inovações e descobertas. (BATISTA; ARAMAN, 2009, p. 475).

Embora as potencialidades da abordagem histórica, conforme citado anteriormente, são destacadas, as autoras apontam que inserir a história e a filosofia da Ciência em sala de aula não é tarefa trivial, seja pela escassez de referências, assim como pela quantidade de conteúdos programáticos da disciplina de Ciências, fator esse que, segundo as autoras, contribui para permanência do ensino tradicional, meramente transmissor de conteúdos. Como conclusões da investigação, são apontadas possibilidades de abordagem interdisciplinar do fenômeno estudado e, além disso, conforme demonstraram as respostas as atividades analisadas, as autoras consideraram que os objetivos de articulação, integração e adequação dos exemplares históricos com referenciais didáticos foram atingidos.

Uma proposta baseada em situações-problema foi apresentada por Longhini e Nardi (2009) a futuros professores. Essa proposta aborda o tema pressão atmosférica e tem como uma das bases para a elaboração das atividades a história da Ciência. Os autores justificam a escolha da história da Ciência pelo seguinte enfoque:

[...] ela pode se constituir em rica fonte de informações sobre como o tema em estudo se desenvolveu no decorrer dos tempos, os impasses e as dificuldades experimentadas por outras pessoas em diferentes épocas para explicar fenômenos relacionados à mesma temática. (LONGHINI; NARDI, 2009, p. 9).

Além disso, os autores destacam que as atividades descritas podem ser trabalhadas em sala de aula por professores. Tais atividades são baseadas em situações-problema, com materiais de baixo custo. A história da Ciência auxilia na identificação das principais dificuldades encontradas na época para se chegar ao conceito atual. Os autores apontam que o processo de aprendizagem pareceu ser facilitado nas situações em que os futuros professores foram provocados a buscar soluções para as situações apresentadas.

Briccia e Carvalho (2011) relatam uma investigação que utilizou um texto histórico em aulas do Ensino Médio. O texto empregado narrava dúvidas de um cientista do século XVII sobre o assunto calor e, segundo as autoras, a abordagem histórica desse assunto teve como finalidade desenvolver visões mais adequadas sobre a natureza da Ciência. As atividades referentes ao texto se concentraram em discussões entre professores e alunos. Para as autoras, a utilização da história da Ciência se faz necessária por mostrar que a Ciência é humana e construída a partir do olhar e da interpretação do homem em relação ao mundo que o cerca. Nesse sentido, a abordagem histórica, portanto,

[...] apareceu como uma alternativa na formação de uma visão mais adequada deste conhecimento, uma vez que trabalha elementos de epistemologia da ciência em sala de aula, de maneira direta ou indireta, fugindo de um reducionismo conceitual (BRICCIA; CARVALHO, 2011, p. 7).

Em relação às aulas, as autoras destacam que inicialmente eram propostas questões problemáticas abertas com a finalidade de estimular a reflexão dos alunos. Nesse sentido, o papel do professor foi destacado, onde esse assumiu a função de mediador do conhecimento, participando do processo investigativo. Como conclusão da investigação, foi destacada que a abordagem histórica favoreceu a discussão e a troca de ideias em grupo, mostrando que as questões propostas motivaram os alunos. Além disso, as autoras finalizam apontando que a história da Ciência, envolvida em uma perspectiva investigativa, é uma possibilidade de ensino de aspectos relacionados à natureza do conhecimento científico.

Em uma revisão de literatura realizada por Sorpreso e Almeida (2010) sobre artigos relacionados à história da Ciência em quatro periódicos nacionais, entre outros itens, as autoras constataram que são poucos os trabalhos desenvolvidos na

formação de professores. Além disso, as autoras analisaram os discursos de dois estudantes do curso de Licenciatura em Física. As falas dos estudantes foram acompanhadas durante a disciplina Prática de Ensino de Física e Estágio Supervisionado, enquanto elaboravam um seminário e um episódio de ensino com o tema questão nuclear e abordagem histórica da Ciência. Das falas dos estudantes, as autoras destacam que a abordagem histórica era considerada possível de ser aplicada no Ensino Médio, mesmo antes do tratamento da disciplina. Finalizando, são apontadas reformulações na formação dos licenciandos e apresentadas questões para que os mesmos possam analisar de forma crítica a produção do ensino brasileiro.

Gatti, Nardi e Silva (2010) descrevem uma experiência didática desenvolvida com 11 alunos do curso de Licenciatura em Física. A experiência didática tem como pano de fundo o desenvolvimento histórico do tema atração gravitacional. A pesquisa descrita pelos autores acompanhou durante um ano os licenciandos de Física que cursavam as disciplinas de Prática de Ensino de Física. Nessa pesquisa, foram analisadas tanto as concepções iniciais dos licenciandos como a aceitação de novas metodologias. Como resultados obtidos, os autores destacam, entre outros aspectos apontados como vantagens, que todos os participantes consideraram a introdução da história como meio capaz de despertar interesse para as aulas de Física. Em relação às dificuldades apontadas pelos participantes, entre outras, destaca-se a justificativa de falta de tempo nas aulas. Os participantes consideraram que o reduzido número de aulas semanais de Física, bem como a necessidade de cumprir o programa são fatores que impossibilitam a incorporação de aspectos históricos nas aulas de Física. Além dessa dificuldade, os alunos relataram que a falta de bons materiais didáticos sobre história e filosofia da Ciência se apresenta como um problema para a abordagem desses assuntos em sala de aula. Segundo os autores, essa dificuldade é apontada na literatura como causa para a não integralização da história de Ciência no ensino.

Da análise dos periódicos, foram descritos anteriormente artigos que mostravam em diferentes modalidades e instâncias a aplicação do enfoque histórico-filosófico em sala de aula. De acordo com as publicações consultadas, tal enfoque é possível de ser realizado concomitantemente com outros enfoques, como, por exemplo, experimental e tecnológico, mostrando assim uma gama de possibilidades

ao ensino de Física. Essas possibilidades mostram que o ensino de Física promove a ligação entre o passado e o presente da Ciência, favorecendo, assim, o processo ensino-aprendizagem. Além disso, os artigos descritos indicam que a abordagem com enfoque histórico-filosófico da Física é possível de ser realizada no Ensino Fundamental, no Ensino Médio, na Educação de Jovens e Adultos (EJA), assim como no Ensino Superior, mostrando, inclusive, resultados favoráveis nos diferentes níveis.

Cabe destacar que, no período analisado, os periódicos da área de ensino de Física e educação em Ciências trazem estudos acerca dos desafios a serem enfrentados no desenvolvimento da historiografia e didática das Ciências em sala de aula. Por exemplo, Forato, Pietrocola e Martins (2011) apontam que dentre as possibilidades de abordagens sobre a Ciência em sala de aula, o uso da história e da filosofia da Ciência “[...] vem sendo recomendado como um recurso útil para uma formação de qualidade, especialmente visando o ensino/aprendizagem de aspectos epistemológicos da construção da ciência” (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 29). Também apontam que a seleção do conteúdo histórico, o tempo didático, a simplificação e omissão, o relativismo, a inadequação dos trabalhos históricos especializados, os supostos benefícios das reconstruções históricas lineares e a falta de formação específica do professor são desafios a serem superados na elaboração de propostas para a sala de aula. Mas, segundo os autores, a abordagem de narrativas históricas na escola básica consiste em fazer escolhas e avaliar os riscos. Como solução aos desafios apresentados, os autores sinalizam para a realização de análises que discutam as problemáticas apontadas, bem como a divulgação dessas.

Na perspectiva dos desafios a serem superados para a efetiva abordagem do enfoque histórico-filosófico em sala de aula, Piassi et al (2009) analisam os livros didáticos do Ensino Médio sob um enfoque histórico. Os autores direcionaram a pesquisa a trechos dos livros que se referem a Aristóteles, objetivando, assim, observar se há coerência entre os livros analisados, bem como se as questões sobre o pensador grego cumprem uma função determinada. Os autores analisaram diversas obras, entre elas, publicações há tempo publicadas, recentes, traduzidas, de cursinhos, entre outras. Da análise das obras, os autores concluem que:

[...] a questão da história da ciência nos livros didáticos não se reduz ao problema de uma visão distorcida da ciência e da produção do conhecimento científico. Ela parece fazer parte de uma lógica maior em que a ciência é apresentada ideologicamente como empreendimento neutro, racional e infalível. Isso implica não apenas em uma revisão dos textos, mas em uma mudança mais ampla de concepção do papel do ensino da física na formação do estudante (PIASSI et al, 2009, p.14).

Além disso, os autores afirmam que dos livros analisados o que representa é que o pensamento aristotélico é desatualizado, contrastando com o pensamento moderno, tido como verdadeiro. Igualmente, os autores destacam que parece não haver uma preocupação em abordar o pensamento científico da antiguidade grega. Sendo assim, passa-se uma visão contrária a defendida pela abordagem da história da Ciência, onde o conhecimento científico é tido como um processo e não como algo pronto. Sendo o livro didático uma das principais fontes de pesquisas de professores, os autores assinalam que uma obra didática deve ser um todo coerente, onde retoques não são suficientes, mas, sim, que o livro didático atenda às necessidades apontadas, mostrando a real visão da Ciência.

### 3.1.2. Enfoque Social

De acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), a seleção dos conteúdos a serem trabalhados no Ensino Médio prioriza abordagens de áreas centrais da Física, como, por exemplo, mecânica, termologia, óptica e eletromagnetismo. Sendo assim, frequentemente não são levados em conta sentidos mais amplos da formação.

Buscando fugir dessa problemática, os PCN+ propõem a seleção de conteúdos que contemplem critérios que busquem a resposta para a seguinte pergunta: Para que ensinar física? Segundo as orientações, ao se promover estratégias que visem uma resposta para esse questionamento, a suposição é de que se esteja preparando o estudante para a compreensão de situações reais.

O enfoque social do conhecimento abarca essas situações, nas quais a Física se se faz necessária para compreender situações do dia a dia do aluno, bem como para promover a interação social do mesmo. A esse respeito, os PCN+ revelam que, ao final do Ensino Médio, o aluno deve ser capaz de “[...] compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como, por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de músicas etc., estando atento à contribuição da ciência para a cultura humana” (BRASIL, 2002, p. 68). Dessa forma, uma abordagem social da Física implica em promover ações em sala de aula que desenvolvam culturalmente os alunos, mostrando também que a Física pode estar presente em museus ou exposições.

Nessa categoria estão descritos os trabalhos que realizaram pesquisas, cujos enfoques sociais se basearam em visitas a laboratórios e a observatórios disponibilizados por universidades. Além disso, a categoria relata pesquisas que analisaram as contribuições ao ensino de Física em museus itinerantes de Ciências. De acordo com os autores, os museus permitem atividades como jogos e experimentos interativos que estimularam a aprendizagem de conteúdos da Física.

Nessa categoria também estão apresentadas pesquisas pautadas na aproximação entre as Ciências Físicas e a Arte. Essa aproximação ocorreu por meio de visitas a museus de arte e de encenações teatrais. Ambas as pesquisas foram desenvolvidas com alunos do Ensino Médio e, segundo os autores, além de favorecerem a aprendizagem, estimularam a oralidade e o trabalho em equipe entre os alunos.

Da mesma forma, estão descritos trabalhos que buscaram o desenvolvimento do enfoque social por meio da busca por soluções para situações problemáticas do cotidiano do aluno. Os assuntos apresentados estão relacionados a problemas ambientais, estudo e fisiologia da audição, educação para o trânsito e mudanças climáticas.

Cabe destacar que também foram descritos trabalhos desenvolvidos na Educação de Jovens e Adultos e trabalhos que foram elaborados para aplicação junto a alunos trabalhadores. Esses trabalhos visam desenvolver propostas

relacionadas ao cotidiano de trabalho dos alunos e, além disso, estabelecer relações entre a Física e as atividades laborais.

Na sequência, são delineadas as intervenções onde o enfoque social da Física foi contemplado em sala de aula.

Caramelo et al(2010) analisam a seleção e a organização de conteúdos a serem desenvolvidos a partir da visita a laboratórios de pesquisa em Física. Segundo os autores, as visitas justificam-se, na medida em que,

[...] é importante que a sociedade tenha clareza de que a ciência é, acima de tudo, uma produção social, realizada por seres humanos, que reflete os interesses e ideologias de determinadas classes sociais, e que, embora internamente estruturada, apresenta divergências. (CAMELO et al, 2010, p. 2).

Segundo os autores, embasados nessa justificativa, o Departamento de Física Nuclear do Instituto de Física da Universidade de São Paulo organiza visitas monitoradas para alunos do Ensino Médio. Nessas visitas, inicialmente os alunos assistem a uma apresentação multimídia sobre os conceitos básicos de Física Nuclear. Posteriormente, conforme visitam outros espaços, os estudantes se deparam com painéis que demonstram aspectos técnicos e conceituais das pesquisas. Para finalizar a visita, os alunos conhecem um protótipo que visa mostrar o funcionamento do acelerador de partículas. De acordo com os autores, pelo curto tempo da visita não é possível desenvolver discussões mais amplas com os alunos. Sendo assim, defendem que tais discussões devem estar vinculadas ao contexto educacional dos participantes. Dessa forma, os autores desenvolvem assuntos que podem ser abordados em sala de aula, tendo como base a visita ao laboratório de Física. Para elencar os assuntos a serem abordados, foram analisados os conteúdos abordados em livros do Ensino Médio e também foram entrevistados pesquisadores do Departamento de Física Nuclear. A partir das pesquisas e das entrevistas, foi estruturada uma organização temática que, de acordo com os autores, “[...] essa organização está relacionada às questões sociais, políticas e econômicas que permeiam as pesquisas desenvolvidas nos laboratórios” (CAMELO et al, 2010, p. 6). Para finalizar, os mesmos apontam que tais discussões podem contribuir para outras situações que envolvam visitas a centros de pesquisa.

Colombo Jr., Aroca e Silva (2009) descrevem uma pesquisa que buscou identificar as influências e motivações ocasionadas por visitas ao Observatório Astronômico do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo. As visitas foram realizadas por estudantes da terceira e quarta séries do Ensino Fundamental, sendo que as atividades desenvolvidas foram relacionadas ao ensino de conceitos astronômicos. A pesquisa foi realizada sob os enfoques qualitativos e quantitativos. Os dados qualitativos foram obtidos através de observações, anotações e entrevistas semiestruturadas. Já os dados quantitativos foram obtidos por meio de questionários. Como resultados da pesquisa, os autores destacam que mais da metade dos alunos não conhecia o observatório astronômico visitado. No entanto, mais de 90% destes estudantes gostaria de retornar ao observatório com a família ou amigos. Ao concluírem, os autores apontam sobre a importância dos espaços complementares à educação formal, sendo que, segundo eles, estes espaços estimulam e motivam a construção do conhecimento.

Aroca e Silva (2011) apresentam os resultados obtidos em um minicurso sobre o Sol e sua dinâmica. O minicurso foi realizado no Observatório Astronômico da Universidade de São Paulo e contemplou alunos do Ensino Fundamental. Com o intuito de avaliar qualitativamente o curso, foi realizado o registro filmado do mesmo. Além disso, foram aplicados questionários e entrevistas semiestruturadas aos alunos participantes. Segundo os autores, as respostas aos questionários mostraram que os alunos apresentam uma visão ingênua aliada a conceitos cientificamente aceitos. Além do mais, os autores apontam que os alunos lembram com maior facilidade de algumas características, como a cor e a forma dos astros. Em contrapartida, os mesmos parecem não se ater a valores como tamanho e distância. Ao concluir, é destacado pelos autores que o entusiasmo dos alunos foi constante do início ao fim da visita, o que, segundo eles, pode ser justificado, porque o Observatório Astronômico é um ambiente não formal de aprendizagem.

Bonfá, et al (2009) descrevem a realização de uma atividade que envolve o jogo chamado *Vila da Dica*<sup>5</sup>. O jogo é colaborativo e relaciona fenômenos físicos com situações do cotidiano. Além disso, proporciona a discussão desses fenômenos entre os participantes. O desenvolvimento do jogo foi baseado em perguntas e

---

5 *Diversão com Ciência e Arte*

respostas. Segundo os autores, seu diferencial consiste na característica de que as equipes competem entre si, mas, no final, há a necessidade das equipes trabalharem em conjunto para responder uma única questão. O jogo foi aplicado em uma mostra itinerante do Museu de Ciências da Dica da Universidade Federal de Uberlândia. Conforme apontam os autores, após jogarem, os participantes demonstraram expressões corporais de entusiasmo. Ao concluir, os autores indicam que o jogo é uma ferramenta didática que pode ser utilizada para demonstrar que a Física pode ser ensinada de um modo atrativo.

Teixeira, Muramatsu e Alves (2010) apresentam um projeto que buscou levar a diversos locais experimentos demonstrativos e interativos. Os autores destacam que o diferencial do projeto se encontra no fato de que se trata de uma proposta de divulgação científica itinerante, funcionando como um museu a céu aberto. Além disso, os autores apontam que os participantes são estimulados a refletir sobre questões diretamente relacionadas ao seu cotidiano. Em relação ao aprendizado, os mesmos apontam que este “[...] é incentivado a partir de interações sociais entre os visitantes, o experimento e os monitores” (TEIXEIRA; MURAMATSU; ALVES, 2010, p. 177). Para avaliação do projeto, foram aplicados questionários aos estudantes que interagiram com as demonstrações. Como conclusão, os autores evidenciam que as demonstrações são importantes na provocação de dúvidas, fator esse que pode ser levado em conta no ensino de Ciências.

O impacto de uma exposição científica itinerante é investigado por Pereira e Silva (2010). A exposição intitulada “Luz, Cor e Formação de Imagens” foi apresentada a alunos da rede pública de ensino do Rio de Janeiro. Após a interação com as atividades da exposição, foram aplicados aos alunos questionários e entrevistas, que objetivaram avaliar a exposição. Além disso, quatro meses após a interação com as atividades, foi utilizada a metodologia da lembrança estimulada. Nessa metodologia, baseada em entrevistas, poderia participar alunos que não tivessem estudado na educação formal assuntos relacionados à óptica. Dos resultados obtidos, os autores destacam que mesmo após quatro meses os alunos descrevem os experimentos com detalhes e ainda lembram os princípios da óptica envolvidos, mostrando assim que as atividades que promovem a interação atuam como facilitadoras nos processos de aprendizagem.

Porto, Zimmermann e Hartmann (2010) apresentam uma pesquisa que buscou analisar e descrever as reações de alunos do Ensino Médio ao visitar exposições de arte. As exposições foram realizadas levando o museu para a escola. Segundo os autores, objetivaram demonstrar aos alunos como os pintores faziam uso da óptica geométrica em suas telas. Na exposição, estavam presentes fotografias, esquemas, cenas de filme e uma câmera escura com capacidade para seis pessoas em seu interior. Como instrumentos de coleta de dados foram adotadas entrevistas e observações. Segundo os autores, a análise dos dados obtidos com esses instrumentos permitiu inferir que os alunos ficaram motivados para a aprendizagem e buscaram sanar as dúvidas sobre as diferentes máquinas fotográficas existentes, mostrando, assim, que a parceria museu-escola, além de favorecer a aprendizagem, também estimulou o desenvolvimento intelectual dos alunos.

Medina e Braga (2010) descrevem uma proposta que buscou apresentar aproximações entre a Física e Arte ao longo da história. A proposta objetivou analisar as potencialidades de utilização do teatro para tal aproximação. Assim sendo, as atividades tiveram abordagem interdisciplinar. A primeira experiência relatada pelos autores aconteceu com o primeiro ano do Ensino Médio, quando realizaram pesquisas sobre a revolução cultural do século XVII e apresentaram aos professores envolvidos. Após a pesquisa e seleções de atores, a peça foi ensaiada durante uma semana e apresentada três vezes, totalizando um público de 360 pessoas. Para a avaliação dos alunos, os autores destacam que foram realizadas observações quanto à postura nas reuniões e frente a conflitos que surgiram. Além disso, foram realizadas entrevistas que visaram dar oportunidade para que os alunos pudessem avaliar sua participação e aprendizagem no projeto. Dos dados obtidos, os autores apontam que os alunos participantes da peça não pertenciam ao grupo que tinha interesse em Física, mas pertenciam a um grupo cujo interesse se revelou nas atividades teatrais, mesmo que essas atividades fossem relacionadas à Ciência. Para os autores, a metodologia utilizada “[...] procurou delinear ligações entre ciência, vida social e política, enfatizando a controvérsia das mudanças de paradigmas. Justifica-se, assim, o uso do recurso cênico como sendo capaz de colocar a temática da ciência em discussão” (MEDINA; BRAGA, 2010, p. 331). Segundo os autores, as entrevistas mostraram que os alunos compreenderam os

conceitos abordados, bem como desenvolveram competências, como, por exemplo, oralidade, leitura e interpretação e trabalho em equipe.

Os resultados de uma pesquisa aplicada a alunos da primeira série do Ensino Médio, que utilizou o modelo de ensino por investigação, são apresentados por Souza et al (2009). A pesquisa foi realizada com 320 alunos que buscaram responder a seguinte questão: Como determinar os fluxos de massa e energia no Rio Capibaribe e seus impactos na qualidade de vida dos habitantes da região? Para responder a pergunta, os alunos visitaram o local e analisaram as diferentes velocidades das águas nas proximidades das margens. Segundo os autores, esse fato despertou o interesse dos alunos aos aspectos físicos apontados e então foram realizadas atividades experimentais, utilizando para isso materiais simples e de baixo custo, para a determinação do escoamento de águas poluídas e potáveis e para a verificação da influência e da altura na pressão da água. Retornando a realizar as atividades na escola, os alunos construíram um sifão com garrafas PET e estudaram o princípio de Pascal com a utilização de seringas. Os autores destacam que as aulas foram filmadas e, ao final de cada uma, os alunos realizavam uma autoavaliação. Ao final da aplicação da proposta, os alunos responderam a um questionário, com perguntas iguais as presentes em um questionário para levantamento de concepções prévias. Como conclusões do trabalho, os autores apontam que as atividades desenvolvidas promoveram a integração das disciplinas de Física, Química e Biologia. Essa integração resultou na alta qualidade das atividades desenvolvidas. Dos resultados obtidos nos questionários, segundo os autores, pode-se perceber que os alunos compreenderam o estudo realizado, bem como os conceitos explorados, tais como, peso, massa, aceleração, densidade, viscosidade, pressão e velocidade.

Os resultados de uma intervenção realizada em uma escola estadual de Ensino Médio são apresentados por Bastos e Mattos (2009). Na intervenção, foi adotado um enfoque interdisciplinar que buscou relacionar os conhecimentos da física com o estudo da fisiologia da audição e da fonoaudiologia. A pesquisa foi aplicada a um total de cento e sessenta e seis alunos do Ensino Médio durante nove encontros de cinquenta minutos cada. De acordo com os autores, as atividades desenvolvidas buscaram abranger aulas práticas, discussões, aulas expositivas, aplicações de conceitos e saídas de campo. Inicialmente, foi aplicado um

questionário que objetivou levantar informações sobre os conhecimentos prévios dos alunos acerca do assunto poluição sonora. Posteriormente, os estudantes responderam a outro questionário que, a partir das respostas do primeiro, buscou focalizar as percepções subjetivas. Também foi solicitada a elaboração de uma ilustração sobre a poluição sonora. Além disso, ao final da intervenção foi realizada uma avaliação que continha questões presentes nos questionários anteriores. Em relação aos resultados obtidos, os autores apontam que os desenhos sugerem que para os estudantes a poluição sonora é definida como sendo os ruídos que se sobressaem em ambientes abertos. Da mesma forma, os dados obtidos por meio do questionário mostram que a música é considerada como poluição sonora somente quando não agrada o gosto dos estudantes. Segundo os autores, as informações obtidas permitiram o desenvolvimento de atividades que aliassem o conhecimento de acústica com a fonoaudiologia, fazendo assim com que os conhecimentos da Física pudessem ser extrapolados para o incremento de uma vida saudável.

Silva (2009) descreve a implementação de atividades que inseriram a educação para o trânsito a alunos do primeiro ano do Ensino Médio. Para fomentar sua pesquisa, o autor se apoiou nos documentos legais e em algumas publicações do Plano Nacional do Livro Didático. Além disso, foram selecionados os conteúdos e os assuntos de educação no trânsito que tinham possibilidade de abordagem no Ensino Médio. As aulas do módulo didático desenvolvidas foram aplicadas pelo autor da pesquisa em duas turmas de escolas diferentes. Como instrumentos de coleta de dados foram utilizadas as produções escritas pelos alunos, as avaliações da disciplina e o diário da prática pedagógica do professor. De acordo com o autor, “[...] os alunos manifestaram, por meio das avaliações, ter domínio de conhecimentos e informações científicas, aprendidos na escola, relacionando-os aos acontecimentos cotidianos do trânsito” (SILVA, 2009, p. 19). Ao concluir, o autor destaca também a importância de discutir, já na formação inicial, a inserção da educação para o trânsito nos currículos escolares, bem como as estratégias e recursos para a implementação desse importante assunto nas escolas.

Caramello, Strieder e Gehlen (2012) discutem as possibilidades de inserir abordagens temáticas em aulas de física do ensino básico. As informações presentes no trabalho foram obtidas a partir de 24 alunos que cursavam a disciplina de estágio supervisionado. Como tarefa da disciplina os alunos deveriam

desenvolver e aplicar no ensino médio, aulas de física relacionadas a assuntos ambientais. Após a escolha do assunto e o contato com a escola a ser aplicada a proposta, cada estudante matriculado na disciplina apresentou para os demais colegas seu planejamento para então ser realizada uma reflexão coletiva sobre o mesmo. Na sequência, após terem aplicado os planejamentos, os estudantes descreveram ao grupo suas experiências e responderam a um questionário, que buscou obter informações sobre a receptividade das escolas. As respostas obtidas na aplicação dos questionários foram interpretadas à luz da Análise Textual Discursiva. Da análise das respostas, os autores indicam que a preocupação com o ensino para a cidadania foi apontada por professores e equipe diretiva das escolas. Além disso, as respostas deram indícios de que os professores e gestores consideram necessária a aproximação entre o tema proposto e os conceitos científicos tradicionalmente abordados. De um modo geral, os autores apontam como boa a receptividade das escolas quanto à abordagem de temas ambientais em aulas de Física, sendo uma pequena parcela de professores desfavorável, por considerar necessário o cumprimento do currículo da escola.

Caramello e Strieder (2011) descrevem uma sequência didática sobre o tema mudanças climáticas. A proposta foi desenvolvida no âmbito do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) e se utilizou da metodologia da pesquisa participante. Nessa metodologia, os pesquisadores buscam refletir sobre suas práticas na medida em que analisam os dados obtidos. Como instrumentos de coleta de dados, a pesquisa contou com diários dos licenciandos que faziam parte do estudo, além de questionários e redações elaboradas pelos estudantes. Para a delimitação do tema a ser abordado em sala de aula foi realizada uma entrevista com as famílias do entorno da escola. Essa entrevista revelou que as mudanças climáticas foram o principal tema socioambiental citado. Participaram das atividades desenvolvidas alunos do Ensino Médio Regular e Ensino Médio da Educação de Jovens e Adultos. Nas aulas foram realizadas atividades como discussões sobre documentários, estudo do balanço radioativo Terra/ Sol e dinâmica da camada da atmosfera, estudo dos principais poluentes e métodos de medição da poluição atmosférica, além da discussão acerca das visões céticas e alarmistas sobre as mudanças climáticas. A partir da análise dos questionários e redações, bem como das discussões em sala de aula, de forma generalizada os autores

apontam que a proposta descrita forneceu “[...] indícios de que o entendimento da complexidade dos sistemas naturais e sociais pode contribuir para que os indivíduos tomem a problemática socioambiental para si, sendo mais reflexivos e críticos em suas tomadas de decisão” (CARMELLO; STRIEDER, 2011, p. 604). Além disso, os autores destacam que a implementação do trabalho mostrou a possibilidade de desenvolvimento de atividades com tais características nas escolas, mesmo se levando em conta o contexto de ensino tradicional.

Buscando mostrar um exemplar de como ensinar significativamente os conteúdos de Física, Krummenauer, Costa, e Silveira (2010) apresentam uma pesquisa realizada com alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Nessa pesquisa foi escolhido como tema gerador o processo de produção do couro, tendo em vista que esse tema estava relacionado ao contexto social dos alunos. Segundo os autores, inicialmente foi aplicado um questionário que objetivou analisar os conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conceitos de mecânica e operações matemáticas. Após a aplicação do questionário, foi aplicado aos estudantes um texto referente aos processos de produção do couro, e então foi realizada uma saída de campo a um curtume. De acordo com os autores, a partir da saída de campo, foi apresentada aos alunos a proposta de conteúdos da mecânica que seriam estudados. Estes conteúdos contemplaram a cinemática e a dinâmica do movimento circular uniforme. Ao longo da implementação do planejamento didático foram realizadas aulas expositivas, atividades em grupo e individuais. Além disso, foram elaborados mapas conceituais e uma simulação computacional referente ao movimento circular. Após a aplicação do planejamento, foi realizado um teste que objetivou avaliar os conhecimentos dos alunos em relação aos conceitos estudados. Conforme apontam os autores, a pesquisa realizada permitiu o seguinte:

[...] corroborar que uma metodologia que enfoque um conteúdo significativo para o educando, de maneira contextualizada, e fundamental para despertar no aluno o prazer pela ciência, dar significado e valor ao que está sendo aprendido. (KRUMMENAUER; COSTA; SILVEIRA, 2010, p. 80).

Além disso, os autores destacam que os índices de assiduidade foram elevados e a evasão praticamente inexistiu, diferentemente de outros semestres

quando muitos estudantes desistiam por não acompanhar os conteúdos trabalhados em aulas de Física.

Amparados na perspectiva do estudante trabalhador, Toti e Pierson (2010) descrevem uma estratégia metodológica baseada na física do cotidiano. Para a elaboração dessa estratégia foi realizada uma pesquisa, onde foram aplicados questionários a 434 alunos do Ensino Médio noturno de escolas do interior de São Paulo. Os questionários objetivaram traçar um perfil das atividades de trabalho desenvolvidas, para assim inferir temas da Física com os quais os estudantes tivessem maior contato. Além disso, os pesquisadores realizaram entrevistas com quatro alunos que forneceram informações, cujo conteúdo permitiu o estabelecimento de relações entre o saber escolar e as expectativas profissionais dos mesmos. A partir dos resultados obtidos por meio do questionário e das entrevistas, os pesquisadores realizaram visitas aos locais de trabalho de estudantes trabalhadores, com o intuito de estabelecer conexões entre a Física escolar e o conhecimento produzido nesse local. Segundo os autores, os resultados obtidos com a aplicação dos questionários mostraram que aproximadamente 70% dos estudantes trabalham ou já trabalharam. Já as entrevistas mostraram que as atividades profissionais relatadas poderiam estar relacionadas a diversos conceitos da Física, como, por exemplo, eletrostática, força centrípeta e centrífuga, força de atrito, indução eletrostática, corrente elétrica, lei de ohm, potência, efeito joule, entre outros. Os resultados obtidos na pesquisa permitiram que os autores inferissem que “[...] reconhecer os cotidianos de trabalho parece ser uma perspectiva viável para uma abordagem significativa da Física para estudantes trabalhadores no Ensino Médio” (TOTI; PIERSON, 2010, p. 550).

A aplicação de uma sequência didática para o ensino do tema energia é descrita por Coimbra, Godoi e Mascarenhas (2009). A sequência foi implementada e avaliada em uma turma com vinte e oito alunos do segundo ano de Ensino Médio da Educação de Jovens e Adultos. Segundo os autores, o trabalho desenvolvido está de acordo com as propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais. Dessa forma, os mesmos destacam que a proposta desenvolvida sugeriu o seguinte:

[...] enfocou a energia no contexto da interpretação de fenômenos e processos naturais, assim como daqueles implementados pelo homem, e do problema ambiental decorrente do uso irracional de algumas fontes de energia. (COIMBRA; GODOI; MASCARENHAS, 2009, p. 630).

Assim, a proposta foi desenvolvida sob enfoques da disciplina de Química e de História. Na aplicação da sequência didática, inicialmente foi aplicado um questionário, que buscou identificar as ideias dos estudantes sobre a energia. No decorrer da aplicação foram realizadas atividades diferenciadas, como, por exemplo, análise de letra de música, leitura de textos, exibição de vídeo, solução de situações-problema, realização de atividades experimentais e elaboração de tabelas para determinação do balanço energético diário. Para a finalização da implementação foi aplicado um pós-teste contendo questões do Exame Nacional do Ensino Médio, que objetivou retomar os conteúdos estudados. A análise das respostas permitiu que os autores identificassem que, conforme traz a literatura da área, o conceito de energia está associado à força, vigor, vida, eletricidade, entre outros. De acordo com os autores, esse fato demonstra que, ao longo da escolarização, os estudantes tiveram o estudo da energia fragmentado em sistemas físicos, químicos e biológicos. Ao concluir, os autores do trabalho destacam que os limites metodológicos e de linguagem foram constantemente repensados, o que permitiu desenvolver o conhecimento nos participantes, além de valores formativos, instrumentais e científicos.

### 3.1.3. Enfoque experimental

Nessa categoria estão descritos trabalhos onde o enfoque experimental foi acompanhado da utilização de recursos computacionais. Nesses trabalhos os recursos computacionais serviram, por exemplo, para obtenção de dados ou para a integração das atividades experimentais com simulações computacionais. Além disso, são relatadas propostas que contemplam o enfoque experimental e a utilização de vídeos, onde a utilização de vídeos em sala de aula é apresentada de diferentes formas e servem como complementação para as atividades experimentais.

Outros trabalhos trazem enfoques experimentais que foram motivados pela busca de soluções a situações-problema apresentadas pelo professor. Também há propostas que descrevem atividades que objetivaram o estudo e o desenvolvimento da linguagem em aulas de Física, com o intuito de desenvolver a linguagem matemática, a aquisição da linguagem científica e a análise dos gestos e palavras produzidos por estudantes.

Não se pode deixar de mencionar que nessa categoria são descritos trabalhos cujo objetivo principal foi o enfoque experimental e a utilização de materiais simples e de baixo custo.

Para melhor interação da produção da área de ensino de Física e educação em Ciências, quanto ao estabelecimento de metodologias de ensino que envolva o enfoque experimental, na sequência encontram-se descritos os artigos publicados nos periódicos já mencionados e que apresentam sua proposta com implicações para a sala de aula, bem como os resultados de sua implementação em diferentes níveis de ensino.

Cavalcante, Bonizzia e Gomes (2009) descrevem uma proposta de análise e aquisição de dados experimentais. Nessa proposta, a coleta de dados se dá através da entrada do microfone dos microcomputadores. Segundo apontam os autores, desde o ano de 2005 esse sistema de aquisição de dados é adotado no curso de Física Licenciatura da PUC/SP. Já no ano de 2007, o sistema foi levado a outros professores por meio de oficinas de extensão, possibilitando assim que a prática fosse amplamente adotada em sala de aula. Em relação às potencialidades da prática adotada, os autores destacam que a inserção desta nova tecnologia busca tornar a sala de aula um ambiente investigativo, onde são valorizados os objetivos educacionais. Como exemplares da prática apresentada, são descritos dois experimentos que envolvem a obtenção de dados experimentais através da placa de som do computador. Estes experimentos são a determinação da frequência da rede elétrica e o estudo do lançamento horizontal. Finalizando, os autores comentam que esse recurso tecnológico simples viabiliza a abordagem de uma Física mais integrada ao mundo contemporâneo.

Mendes, Costa e Sousa (2012) apresentam um estudo realizado com alunos do Ensino Médio sobre tópicos de mecânica. Esse estudo buscou analisar a

efetividade da integração entre teoria, simulação computacional e atividades experimentais. Segundo os autores, um dos objetivos do estudo consistiu no desenvolvimento de um material didático que articulasse os domínios conceituais e experimentais, através da modelagem computacional. Além disso, os autores destacaram como hipótese que a articulação citada desenvolveria disposição do aluno para aprender Física e assim favoreceria a aprendizagem. Com a finalidade de verificar tal hipótese, participaram do estudo quatro grupos de alunos, onde um desses constituiu o grupo controle. Inicialmente, os quatro grupos realizaram um pré-teste. Após, foram desenvolvidas as atividades experimentais com um foguete e um túnel de vento, feitos de garrafa PET, e perfis de asas de avião, feitos de isopor. Em um terceiro momento foi realizado um pós-teste com os alunos participantes e foi aplicado um questionário aos mesmos. Como resultados do estudo, os autores apontam que, após a análise dos testes inicial e final, pode-se inferir que houve uma evolução conceitual da maioria dos grupos participantes. Igualmente, destacam que a articulação entre atividades experimentais e a modelagem computacional mostrou ser uma forma efetiva para promover a aprendizagem.

Segundo Heidemann, Araujo e Veit (2012), “[...] ASC6 e AE7 são recursos potencialmente complementares que podem contribuir para a aprendizagem de conteúdos de Física e promover uma melhor concepção de Ciência por parte dos estudantes”. Partindo desse princípio, os autores citados descrevem uma proposta metodológica na qual as Atividades baseadas em Simulações Computacionais (ASC) e as Atividades Experimentais (AE) se integram. A proposta desenvolvida está baseada nos estágios e nas fases de modelagem propostos por Hestenes, conhecido como ciclo de Hestenes. Os ciclos foram aplicados a treze alunos do curso de mestrado profissional na disciplina de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's). Os alunos participantes receberam um problema, no qual foram instigados a desenvolver atividades experimentais ou computacionais que explorassem os limites para os quais a incerteza do período predito pelo modelo do pêndulo simples é menor que 5%. Posteriormente, os alunos receberam dados em forma de tabela e, com o auxílio de um experimento real ou virtual, deveriam elaborar um modelo teórico para explicar a evolução da temperatura de dois pratos

---

6 ASC – Atividades baseadas em Simulações Computacionais

7 AE - Atividades Experimentais

com água, um aberto e outro fechado. Como resultados os autores ressaltam o entusiasmo dos alunos em explorar os desafios propostos nas atividades, dando assim a sensação que a aprendizagem ocorria de forma mais sólida, pois as situações davam sentido aos conceitos estudados.

Dorneles, Araujo e Veit (2012) investigaram as possibilidades de integração entre atividades computacionais e experimentais. A proposta que buscou analisar a complementação entre as abordagens foi aplicada a alunos do curso de Licenciatura em Física, abrangendo o conteúdo de eletromagnetismo em sua totalidade. Nas aulas que integravam atividades experimentais e atividades computacionais, após a exposição inicial do professor, os alunos recebiam questões dissertativas para serem respondidas em pequenos grupos. Nas demais aulas, o grupo entregava a resolução de questões do livro didático adotado na disciplina. Como conclusões, os autores apontam que nas atividades em que os alunos utilizaram atividades experimentais e computacionais simultaneamente, os mesmos passaram a dar respostas com justificativas melhores argumentadas. Além disso, os autores destacam que em aulas experimentais a explicitação do vínculo entre teoria e experimento é indispensável, por favorecer a motivação dos alunos e assim estimular a interação desses com o experimento.

A produção de vídeos elaborados por estudantes do Ensino Médio é descrita por Pereira e Barros (2010) como estratégia de ensino para o laboratório de Física. O projeto se fundamenta na elaboração de vídeos com curta duração de experimentos simples. Foram participantes desse trabalho alunos de três turmas do Ensino Médio, que após escolherem o tema para o vídeo elaboraram um roteiro que foi analisado e discutido com o professor. Ao final da elaboração dos vídeos, houve a demonstração dos mesmos para a turma, com conseqüente avaliação dos colegas e autoavaliação. Como conclusões, os autores indicam que “[...] o projeto permitiu que os estudantes explorassem objetivos do trabalho prático-experimental nas diversas etapas e trabalhassem conceitos físicos ao fazerem observações e explanações sobre as situações experimentais selecionadas” (PEREIRA; BARROS, p.7). Os autores destacam ainda que a abordagem experimental com as características descritas aumenta a responsabilidade dos alunos, pois os mesmos necessitam pesquisar sobre o tema do vídeo e criar a situação experimental.

Um projeto que analisa as potencialidades de vídeos com atividades experimentais é descrito por Pereira et al (2011). O projeto foi aplicado em cinco turmas do curso escolarização em Física, que é parte do Ensino Médio Técnico. No total, foram desenvolvidos vinte e dois vídeos pelos alunos. Da análise desses vídeos, os autores apontam que, dos vinte e dois vídeos, quatorze dedicaram mais tempo à parte experimental, quando comparada à parte teórica. Outro aspecto mencionado pelos autores diz respeito à forma de organização dos vídeos, quando esses são comparados a relatórios escritos de atividades experimentais. Segundo os autores, esse aspecto ficou claro pela forma livre com a qual os alunos estruturaram a conceituação no relatório audiovisual (vídeo). Além disso, utilizaram animações, músicas e trechos de outros vídeos. Como conclusão da análise dos vídeos, os autores observaram que,

[...] diferenças entre o papel do trabalho experimental, quando realizado pelo aluno na aula tradicional de laboratório que, via de regra, é um processo linear-orientado, e na produção de um vídeo, estratégia vantajosa face aos aspectos recursivo-reflexivo e motivacional-tecnológico que podem favorecer a aprendizagem. (PEREIRA et al, 2011, p. 691).

A partir da citação mencionada anteriormente, fica clara a potencialidade da estratégia descrita pelos autores, tendo em vista que esta valoriza a produção e a criatividade do aluno, sendo que o professor atua como orientador do processo de criação dos vídeos e da aprendizagem dos conceitos.

A partir de uma atividade experimental demonstrativa, da leitura de um texto alternativo e da apresentação de vídeos a alunos do terceiro ano do Ensino Médio, Assis et al (2012) buscaram verificar as interações entre alunos e professor durante o estudo do fenômeno da ressonância. Inicialmente, a professora de Física, que já lecionava com os alunos participantes da pesquisa há mais de um ano, apresentou dois vídeos que tratavam da queda da ponte de Tacoma Narrows e da quebra de uma taça de cristal. Na sequência, ocorreu a leitura, por parte dos alunos, do texto *Latim em fuga*, que foi desenvolvido para a discussão em sala de aula. Posteriormente, realizou-se a primeira atividade experimental, onde com a ajuda de um pêndulo simples foram discutidos os conceitos de período e frequência, conceitos esses necessários para o entendimento do experimento seguinte. O

segundo experimento consistiu na demonstração de pêndulos acoplados, cujo objetivo foi evidenciar o fenômeno da ressonância. Os dados da pesquisa foram obtidos através da transcrição das aulas que foram gravadas em áudio e vídeo e dos resultados de uma avaliação realizada duas semanas após a aplicação das atividades. Segundo os autores, pode-se perceber que “[...] os resultados mostraram que a interação entre a professora e os alunos, mediada pela utilização dos vídeos, do texto e dos experimentos, pode ter possibilitado a aprendizagem significativa do conceito de ressonância por parte de alguns alunos” (ASSIS et al, 2012). Além disso, os mesmos destacam o papel do professor enquanto responsável por manter a atenção dos alunos durante as atividades e assim favorecer a aprendizagem desses.

A partir de uma experiência didática realizada com alunos do quinto ano do Ensino Fundamental, Boss et al (2012), analisam as potencialidades do ensino de conteúdos de Física para tal nível de ensino. Para a análise, os autores realizaram cinco atividades experimentais referentes aos assuntos eletricidade e magnetismo. Os autores destacam que as atividades experimentais tiveram características exploratórias que objetivaram o desenvolvimento dos alunos. Em relação aos experimentos, os mesmos indicam que,

[...] eles possibilitam a proposição de atividades interessantes e estimuladoras para os alunos do Ensino Fundamental, além disso, permitem a elaboração de práticas metodológicas que têm como aspecto fundamental a mediação docente. (BOSS et al, 2012, p. 290).

Como citado anteriormente, a mediação docente foi fator constante na pesquisa, pois a professora da turma participou desde a escolha dos experimentos até a execução desses. Foram utilizados materiais simples como pilhas, fios, ímãs etc., que eram levados à sala de aula e desmontados para que os alunos estruturassem os experimentos. Como instrumentos de coleta de dados foram utilizados caderno de notas, roteiros preenchidos pelos alunos e redações. Durante as atividades, os alunos recebiam um roteiro aberto com as situações-problema que podiam ser discutidas com a professora. No final das atividades, ocorreu um momento para troca de soluções entre os alunos. De acordo com os autores, esse

momento foi bastante rico, pois favoreceu a interação entre alunos e professores<sup>8</sup>. Os alunos apresentaram os experimentos na feira de ciências da escola, uma semana após terem realizado o trabalho em sala de aula. Como resultados, os autores descrevem a linguagem apropriada utilizada pelos alunos na apresentação da feira de ciências, mostrando, assim, que foram desenvolvidas novas formas de comunicação e novos significados atribuídos a palavras. Finalizando, os autores destacam que quanto mais ricas as situações desenvolvidas, mais interessante se torna o processo ensino-aprendizagem. Ainda nesse viés, apontam que a boa formação dos professores das séries iniciais é imprescindível para o desenvolvimento de tais situações.

Laburú, Silva e Sales (2010) descrevem uma pesquisa realizada com alunos do primeiro ano do Ensino Médio. Nessa pesquisa foi analisado até que ponto os alunos conseguem construir uma aproximação com o conceito científico de medição. Tal característica foi verificada por meio de questões provocativas e atividades experimentais. Em decorrência, a abordagem experimental em sala de aula se faz necessária, pois, segundo os autores,

[...] aprender física significa, então, não só aprender os seus conceitos de modo qualitativo, mas deve envolver dos aprendizes determinação experimental de suas grandezas. Com isso, permite-se que eles participem genuinamente da natureza desta ciência, ou seja, da relação existente entre teoria e evidência. (LABURÚ; SILVA; SALES, 2010, p. 2).

Com a finalidade de obter os dados da pesquisa, foi colocada aos estudantes participantes a seguinte situação-problema: uma bolinha é solta de um plano inclinado que está sobre uma mesa. Então, deseja-se saber a qual distância em relação a um ponto fixo que a bolinha cairá no piso? Para obter o resultado, pontos de contato da bolinha com o solo foram registrados em um papel carbono. Juntamente com o experimento, foram realizadas entrevistas semiestruturadas e questionários, onde os participantes foram instigados a refletir sobre problemas-chave que ocorrem em uma medição. Dos resultados obtidos, os autores apontam que a escolha das questões, bem como da situação apresentada mostrou que cada

---

<sup>8</sup>Dois dos autores participaram das atividades juntamente com a professora da turma.

participante reagiu com uma trajetória característica. No entanto, todos superaram a ideia de uma medida única, exata e verdadeira.

A construção da linguagem gráfica em aulas experimentais é analisada por Carmo e Carvalho (2009). O estudo foi realizado com turmas do segundo ano do Ensino Médio em aulas de laboratório, onde os alunos foram instigados a responder a seguinte pergunta: *como a água aquece?* As aulas desenvolvidas faziam parte de uma sequência de ensino sobre temperatura e calor, cujo objetivo principal das atividades experimentais foi encontrar a equação fundamental da calorimetria. Os dados da pesquisa foram obtidos por meio de gravações, que foram transcritas e classificadas em momentos expressivos. Das gravações, os autores enfatizam as atividades que envolveram aspectos matemáticos, como, por exemplo, a transformação de dados dispostos em tabelas para gráficos e a posterior análise da curva obtida. Além disso, são analisados nos episódios os fatores que influenciam as medidas e, conseqüentemente, os dados do gráfico, como tempo de reação e imprecisão, para, assim, desenvolver com os alunos a definição de desvio experimental. Outro ponto destacado pelos autores diz respeito à postura da professora em relação à tradução dos resultados obtidos com a linguagem gráfica e fenomenológica. Ainda de acordo com os referidos autores, esse é fator preponderante para a passagem da linguagem natural, seja escrita ou visual, para a Matemática, possibilitando, assim, que os estudantes possam compreender o gráfico como se o fenômeno estivesse transparecido. Como conclusões, os autores argumentam que ocorreu uma enculturação na matemática da Ciência, tendo em vista que os alunos foram levados a conhecer as diversas linguagens matemáticas que a Física se apropria.

A construção de argumentos elaborados por alunos do Ensino Fundamental é analisada por Colombo Júnior et al (2012). Para analisar os argumentos, os autores escolheram a atividade experimental intitulada *O problema da cestinha*, cujo objetivo é levar o aluno para compreender a relação entre a altura do lançamento de uma bolinha e seu alcance ao sair de uma rampa. Segundo os autores, “[...] a argumentação é uma estratégia que colabora na aquisição da linguagem científica e possibilita desenvolver nos estudantes uma capacidade de raciocinar e discutir sobre problemas científicos e sócio-científicos” (COLOMBO JÚNIOR et al, 2012, p. 490). No entanto, os mesmos destacam que a argumentação é pouco estimulada

em sala de aula, assim como o ensino de tópicos de Física nas séries iniciais. Sendo assim, foram realizados experimentos e atividades investigativos com alunos entre oito e dez anos de idade, a partir dos quais os alunos tinham a possibilidade de argumentar e discutir com os colegas. Inicialmente, os alunos foram divididos em grupos de 4 a 5, para os quais o professor apresentou os materiais e os procedimentos que seriam realizados. Na sequência, foi realizada uma série de hipóteses, como, por exemplo, mudar a cestinha de posição e modificar o local de lançamento da bolinha. Neste momento, os autores destacam a posição do professor, onde este, ao intervir na atividade, faz com que os estudantes busquem novas estratégias de resolução. Como conclusões da pesquisa, os autores apontam que as atividades desenvolvidas aguçaram o interesse dos estudantes e também possibilitaram a busca de descobertas e explicações.

Padilha e Carvalho (2011) apresentam e discutem um trabalho, onde analisam as relações existentes entre palavras e gestos utilizados por alunos do Ensino Fundamental em aulas de conhecimento Físico. Segundo os autores, as pesquisas da área de ensino de Ciências valorizam a linguagem verbal dos estudantes. No entanto, uma gama de pesquisadores mostra que gestos, interação visual e inclusive a interação com aparatos experimentais são modos comunicativos desenvolvidos pelos alunos. Sendo assim, os autores destacam que,

[...] durante a dinâmica discursiva em sala de aula, seja na exposição sistematizada pelo professor, seja na explicação dada por um aluno, a socialização da informação é sempre mediada por vários modos comunicativos, seja ele verbal, visual, gestual, etc. Assim, a aquisição de um novo conhecimento é produto de uma intensa troca de informações, e os modos de comunicação são os veículos dessa socialização. (PADILHA; CARVALHO, 2011, p. 28).

Buscando identificar os modos de comunicação utilizados pelos alunos, os autores utilizaram atividades experimentais, cuja metodologia de aplicação permite que a criança resolva questões dentro do campo experimental. A abordagem experimental desenvolvida se deu por meio da atividade das sombras iguais, que foi realizada pela professora da turma, gravada e transcrita. Primeiramente, os alunos foram instigados a responder a seguinte questão: *como podemos fazer aparecer sombras iguais, utilizando duas peças diferentes?* Para a realização da atividade, a

professora dispôs de uma fonte luminosa e de objetos de acrílico com diferentes formas, nas cores branca e preta. Os dados foram obtidos a partir das respostas verbais e gestuais dadas pelos estudantes para o referido questionamento. Da análise das respostas, os autores indicam que fazendo uso integrado das linguagens verbal e gestual o conceito de sombra foi explicado por um aluno. No entanto, ao utilizar somente a linguagem verbal é que os conceitos empregados se aproximaram da linguagem cotidiana. Esse fato era esperado pelos autores, uma vez que estavam analisando alunos do Ensino Fundamental. Além disso, os mesmos apontam como conclusão que a falta de palavras conceitualmente corretas não impossibilitou a comunicação. Ressaltam ainda a importância de reconhecer a diferença entre o que o aluno quer transmitir e o significado empregado no ato da comunicação verbal.

Buscando identificar evidências de mediação do professor, Cunha, Lopes, Cravinho e Santos (2012) estudaram práticas de ensino voltadas para atividades experimentais. O estudo foi realizado em uma escola pública de Portugal, ao longo de três anos, com alunos que cursavam o 11º ano de escolaridade (14 a 16 anos). No primeiro ano o professor, que também é autor do trabalho, realizou as atividades experimentais em quatro aulas de noventa minutos cada, onde foi estudada a “transmissão de informação por ondas AM e FM9”. No segundo ano, juntamente com investigadores experientes, foi realizada uma reflexão sobre as aulas, para então, no terceiro ano, ocorrer novamente a implementação de atividades em sala de aula. Dessa vez, foram cento e trinta e cinco minutos de aula e alunos diferentes, porém com características semelhantes aos do primeiro ano, que estudaram o tema “Comunicações por radiação eletromagnética<sup>10</sup>”. Os dados relevantes ao estudo foram obtidos através de gravações e de documentos produzidos pelo professor ou pelos alunos. Os autores apontam a importância das atividades experimentais em sala de aula. No entanto, destacam que algumas vezes tais atividades se resumem a uma série de instruções que os alunos realizam mecanicamente. Para os autores, esse estudo apontou que quando a tarefa permitir a autonomia dos alunos e tiver características de desafio, a participação e os índices de produtividade aumentam.

---

9 Aspas dos autores

10 Aspas dos autores

A corroboração da hipótese de que estudantes obtêm medidas experimentais com maior acurácia quando conhecem previamente seu valor é abordada por Laburú, Silva e Força (2012). A pesquisa foi realizada com alunos do primeiro ano do Ensino Médio que pertenciam a duas turmas, totalizando oitenta participantes. Cada turma foi dividida em dois grupos, um grupo experimental e um grupo controle. Os alunos que pertenciam ao grupo experimental foram submetidos à estratégia de ensino na qual os sujeitos conhecem o valor da medida. Já os alunos do grupo controle realizaram a atividade experimental sem conhecer o valor da medida. Para a obtenção das medidas experimentais, uma turma realizou o experimento para determinar o valor da aceleração da gravidade local e a outra turma determinou a densidade de um óleo de cozinha. De acordo com os resultados obtidos, os autores apontam que os estudantes que conheciam previamente o valor da medida tenderam a encontrá-la com menor desvio.

Arrigone e Mutti (2011) descrevem uma pesquisa de caráter qualitativo que analisou a aplicação de experiências de cátedra em aulas de Física. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes de três turmas do curso de Licenciatura em Física. Segundo os autores, foram realizados seis experimentos práticos (experimentos de cátedra), que envolviam assuntos como tópicos de ótica geométrica, interferência, difração e polarização. Além disso, os mesmos destacam que as opiniões e reações dos alunos participantes foram obtidas através de observações de desempenho em sala de aula e por meio da aplicação de um questionário. Com relação às reações dos alunos perante a utilização de aplicações práticas em sala de aula, os autores apontam que, “[...] a demonstração prática transforma o conceito teórico tratado na sala em um fenômeno observável e o aluno muitas vezes descobre lacunas ou dificuldades de compreensão que são evidenciadas durante a ‘manipulação’ da teoria” (ARRIGONE; MUTTI, 2011, p. 80). Da análise dos questionários, é destacado que todos os participantes consideraram as atividades experimentais de cátedra como sendo uma iniciativa válida. Além disso, a maioria dos participantes apontou que a experiência ajudou na compreensão da teoria. Em comparação com turmas em que as experiências não foram desenvolvidas, os autores indicam que nas aulas que a pesquisa foi aplicada houve maior atenção e participação por parte dos alunos, bem como, percebeu-se o desenvolvimento de habilidades dos mesmos na resolução de exercícios.

Utilizando um equipamento simples e de baixo custo, Monteiro, Monteiro e Gaspar (2012) realizaram uma abordagem experimental que acometeu alunos do Ensino Médio, com o objetivo de tratar o conceito de atrito. O aparato utilizado consistiu em bolos de madeira, régua, mola, entre outros. Inicialmente, foi determinado o coeficiente de atrito estático entre as duas superfícies por arrasto do conjunto bloco – régua, mola. Na sequência, foi determinado o coeficiente de atrito estático mediante o cálculo do coeficiente angular da reta obtida no gráfico da força de atrito *versus* força normal. Em um terceiro momento, o coeficiente de atrito estático foi determinado por meio do deslizamento do conjunto sobre uma superfície inclinada. Segundo os autores, a realização do experimento em sala de aula é interessante, pois as medidas obtidas apresentaram coerência entre si. Além do mais, estimulam a discussão com os alunos sobre os conceitos relacionados ao fenômeno atrito.

Dos trabalhos que envolvem o enfoque experimental, podem-se destacar as diferentes possibilidades que esta abordagem permite, tendo em vista que as atividades experimentais foram aplicadas em sala de aula, associadas a outras metodologias, como, por exemplo, as ferramentas computacionais ou resolução de situações-problema, e em diferentes níveis de ensino, do Ensino Fundamental à Pós-Graduação. Pode-se, ainda, apontar que os trabalhos descritos mostraram que não são necessários altos investimentos com laboratórios ou equipamentos rebuscados, pois resultados satisfatórios foram atingidos em pesquisas que utilizaram materiais simples e de baixo custo na realização dos experimentos. Além disso, observa-se que o enfoque analisado pode estimular o desenvolvimento da linguagem matemática, tão necessária à disciplina de Física, e também pode auxiliar na incorporação da linguagem científica, igualmente importante para a aprendizagem da Física.

Outro aspecto que a busca por exemplares de trabalhos que envolviam o enfoque experimental forneceu, relaciona-se a propostas que desenvolveram o enfoque experimental em cursos de graduação que não estão diretamente relacionados à formação inicial ou continuada da Física. Nesse sentido, foram encontrados dois exemplos de trabalhos, que estão descritos na sequência.

Werlang et al (2012) descrevem uma pesquisa realizada com alunos do curso de Geofísica, que frequentavam as disciplinas Laboratório de Física II e Laboratório de Física IV. A pesquisa, baseada na teoria sociointeracionista de Vygotsky, objetivou desenvolver uma nova abordagem sobre as aulas de laboratório. Segundo os autores, nessa abordagem, os roteiros produzidos nas aulas experimentais buscaram vislumbrar “[...] o aluno como um sujeito ativo, pensante, autônomo e protagonista do processo de ensino-aprendizagem” (WERLANG et al, 2012, p. 254-255). Dessa forma, os autores descrevem como principais etapas dos roteiros de laboratório a problematização, o levantamento de hipótese e a planificação ou realização. Após a realização da atividade experimental, eram realizadas discussões e análise dos resultados, bem como as conclusões eram debatidas. Como instrumentos de coleta de dados, foram utilizados os relatórios das atividades experimentais, entrevistas e observações. Entre os pontos destacados pelos autores, pode-se citar a maior interação entre discentes e docentes. Além disso, foi evidenciado pelos mesmos que a proposta desenvolveu autonomia entre os alunos para a interpretação dos dados e para a emissão de hipóteses.

Assireu, Reboita e Corrêa (2012) apresentam uma atividade didática em que foram realizadas observações da cobertura das nuvens. A atividade experimental foi implementada a alunos do curso de graduação de Ciências Atmosféricas. Nesse experimento, os estudantes, divididos em grupos, contabilizaram as frações de coberturas de nuvens e os respectivos valores médios, dos dias 14 de abril a 11 de junho. Nos mesmos dias e horários um técnico da Universidade, com larga experiência, realizou as mesmas observações que os alunos, com a finalidade de comparar os dados. Segundo os autores, o alto nível de envolvimento dos alunos, bem como o interesse perante os fatos discutidos, mostrou a importância da atividade para os processos cognitivos. Os autores destacaram, ainda, que os resultados obtidos são utilizados mensalmente nos boletins meteorológicos, prestando, assim, serviços à comunidade.

Em relação às propostas descritas, observa-se que o enfoque experimental, assim como na Educação Básica ou em cursos de Física, promoveu bons resultados em outras áreas, mostrando, assim, que este enfoque de forma geral estimula a interação dos alunos com os assuntos em estudo e desenvolve os processos

intelectuais, como, por exemplo, de estabelecimento de hipóteses e interpretação de resultados experimentais.

#### 3.1.4. Enfoque Tecnológico

Considerando que os alunos do atual Ensino Médio crescem em um mundo onde a tecnologia faz parte das atividades diárias, a escola tem o papel de incorporar conhecimentos que contemplem assuntos relacionados ao desenvolvimento tecnológico. Essa relação desenvolve nos estudantes formas de agir e pensar no mundo contemporâneo. Dessa forma, ao abordar os conteúdos de física sob o enfoque tecnológico, estarão sendo privilegiados critérios, cuja referência está baseada no pressuposto do “para que aprender Física”.

Em relação aos critérios de seleção de conteúdos que contemplem esta referência, as Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), sugerem que,

[...] o conhecimento de Física deixa de constituir um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (BRASIL, 2002, p.61).

Sendo assim, ao buscar estratégias de ensino que visem o desenvolvimento de ferramentas para a intervenção no mundo contemporâneo, a abordagem tecnológica pode contemplar essa possibilidade. Em relação a esse aspecto, os PCN+ indicam que “[...] deve ser estimulado o uso adequado dos meios tecnológicos, como máquinas de calcular, ou das diversas ferramentas propiciadas pelos microcomputadores, especialmente editores de texto e planilhas” (BRASIL, 2002, p. 84).

Dessa forma, buscando levantar elementos na produção da área de ensino de Física e educação em Ciências, que caracterizam atividades que contemplem o enfoque tecnológico da Física, nesta categoria são descritos trabalhos que desenvolveram e aplicaram propostas desse enfoque.

Os resultados de um estudo exploratório são apresentados por Müller et al (2012). Segundo os autores, o uso de tecnologias em sala de aula não é distante da realidade, pois os alunos estão imersos em um mundo altamente tecnológico e, inclusive, fazem uso dessa tecnologia para a comunicação, diversão e aquisição de informações. Nesse sentido, apontam para uma atualização escolar, onde a escola precisa ser reformulada para preparar os alunos e tornar o ensino mais atrativo. Em relação à atualização escolar, os autores destacam o seguinte:

[...] atualizar a escola implica tanto a obtenção de recursos materiais, como também o emprego de propostas pedagógicas e metodológicas que considerem, entre outros recursos, o uso eficaz das tecnologias na educação escolar. (MÜLLER et al, 2012, p. 493).

Buscando realizar um uso eficaz das tecnologias na educação, como citado anteriormente, os autores investigaram a aplicação do método *Peer Instruction*<sup>11</sup> e a utilização dos computadores do projeto *Um Computador por Aluno*. O estudo foi realizado com alunos do terceiro ano do Ensino Médio, ao longo de uma sequência didática sobre tópicos de eletromagnetismo. Os tópicos estudados foram campo magnético gerado por um fio retilíneo, uma espira e um solenóide percorridos por corrente elétrica; força entre fios paralelos percorridos por corrente elétrica; força eletromotriz induzida; Lei de Faraday; Lei de Lenz; e o funcionamento do transformador elétrico. As respostas dos alunos foram adquiridas com ajuda do aplicativo *Google Forms*, que permite criar formulários e disponibilizados *on-line* para serem respondidos. Inicialmente, os alunos respondiam testes conceituais com questões de vestibulares de instituições particulares e federais. Após as respostas, os alunos se reuniam em grupos para, depois, novamente responder ao teste. Ao final do último encontro, os participantes responderam um questionário relativo à utilização dos computadores do projeto *Um Computador por Aluno*. Além disso, foi

---

<sup>11</sup> Segundo os autores: “Instrução pelos Colegas” (IpC), em uma tradução livre (MÜLLER et al, 2012, p. 494).

realizada uma entrevista semiestruturada com dez alunos. Das respostas, os autores expõem que inicialmente 60% da turma estavam de acordo ou concordavam fortemente que aprendiam mais com aulas ditas tradicionais. Já após a aplicação da investigação, esse índice passou para 24%. Quanto aos aspectos da metodologia aplicada, os estudantes consideraram positiva a discussão com os colegas, pela linguagem próxima entre os mesmos. Como fatores negativos, foram destacados alguns pontos, como competitividade entre colegas e possibilidade de navegação em redes sociais.

Lagreca et al (2012) apresentam um objeto de aprendizagem que possibilita, de forma mais interativa, o estudo do lançamento vertical. Segundo os autores, estratégias de ensino como a descrita justificam-se, pois “[...] uma abordagem metodológica de ensino, priorizando situações interativas e contextualizadas, facilita a construção de conceitos em mecânica e modifica atitudes com relação ao que significa aprender” (LAGRECA et al, 2012, p. 548). Para avaliar o objeto de aprendizagem desenvolvido, o mesmo foi utilizado por vinte alunos do curso de Física que cursavam a disciplina de Mecânica Clássica I. O objeto foi disponibilizado no *Moodle* da disciplina e, após a sua utilização, os alunos foram convidados a responder um questionário com seis perguntas. Das respostas dos alunos, os autores descrevem que 70% desses concordaram fortemente que a apresentação do conteúdo do objeto virtual favoreceu a aprendizagem do tema. Além disso, é destacado que 100% dos participantes recomendam o objeto de aprendizagem para o ensino de Física. Com base no interesse demonstrado pelos participantes, os autores concluem que os objetos de aprendizagem devem ser abordados em sala de aula como estratégia dinâmica e instigadora, que aprimora o processo ensino-aprendizagem.

Paula e Talim (2012) investigam as percepções dos alunos sobre a utilização de um ambiente virtual, cujo conteúdo consiste na manipulação de componentes de circuitos elétricos e aparelhos medidores. A aplicação do ambiente virtual foi realizada com alunos de uma escola técnica federal de Ensino Médio. Os autores desta pesquisa foram estimulados para o seu desenvolvimento, através de uma investigação de avaliação de curso. A pesquisa consistiu no desenvolvimento de sete roteiros de atividades, onde seis roteiros abordaram conceitos relacionados ao laboratório virtual *Circuit Construction Kit* DC (ou Kit de Circuitos de Corrente

Contínua) e um roteiro, concomitante a utilização do laboratório virtual, explorou a simulação *Resistance in a wire* (ou resistência em um fio condutor). Os dados da pesquisa foram obtidos através de um questionário aplicado aos estudantes participantes. Das respostas ao questionário, os autores enfatizam que os estudantes se declararam engajados no uso dos recursos a eles apresentados e, além disso, reconheceram a potencialidade do laboratório virtual, considerando que esse favoreceu a aprendizagem. Outro ponto destacado diz respeito ao desempenho dos estudantes nas provas do final de trimestre, tendo em vista que, de acordo com os autores, a média foi maior que 65% em todas as turmas.

Uma proposta de hibridização do ensino via ambiente virtual de aprendizagem e objetos de aprendizagem é proposto por Siqueira e Torres (2010). A proposta foi aplicada a alunos do curso graduação em engenharia elétrica que estavam matriculados na disciplina de eletricidade. Segundo os autores, foram desenvolvidos módulos de estudo, onde os temas para a elaboração do material didático foram evidenciados a partir da construção de mapas conceituais. Os mapas conceituais de cada módulo permitiram a elaboração de roteiros de estudo, com atividades presenciais e a distância. De acordo com os autores, nas atividades à distância o conteúdo básico era apresentado na forma de objeto de aprendizagem. Esse aspecto se constituiu como um diferencial, pois como materiais auxiliares foram apresentados vídeos e fotos de experiências realizadas no laboratório de Física. A validação da proposta foi realizada por meio da análise dos comentários às perguntas abertas que foram fornecidas pelos alunos no ambiente virtual. Segundo os autores, pode-se destacar desses comentários a contextualização com a aplicação prática dos conteúdos, como sendo uma das vantagens do uso do material disponibilizado. Como pontos negativos para tal abordagem, os alunos mencionaram a falta de tempo disponível para as leituras, fator esse que, segundo os autores, pode ser justificado pelo fato de a maioria dos estudantes trabalhar.

Abegg e Bastos (2012) descrevem e analisam uma pesquisa-ação realizada com alunos do curso de graduação em Licenciatura em Física. Nesse trabalho, os autores apresentam as produções colaborativas de Física mediadas pelo *wiky do*

*Moodle*<sup>12</sup>. As produções foram realizadas ao longo das disciplinas de Didática I, Didática II e da disciplina complementar “Ensino de Física mediado pelas tecnologias da informação e comunicação livres<sup>13</sup>”. Segundo os autores, tal abordagem proporcionou aos estudantes de Física interceder tecnologicamente sobre suas produções escolares. Destacam também que essa característica é “[...] essencial para o físico educador em formação inicial vivenciar, para habilitar-se e tornar-se competente nas mediações tecnológico- educacionais” (ABEGG; BASTOS, 2012, p. 733). Na aplicação da metodologia na disciplina de Didática I, cada grupo de alunos produziu colaborativamente no *wiki moodle*, orientados pelas unidades temáticas calor, ambiente e usos de energia. Já na disciplina de Didática II foi proposta uma atividade *wiki* para ser produzida colaborativamente, onde os grupos deveriam apresentar problematizações em torno de situações-problema. Conforme apontam os autores, assim como em uma comunidade de *software* livre, a liderança é fundamental. No trabalho descrito, a programação didática do professor foi essencial para a efetiva produção colaborativa em Física. Como avanços significativos desencadeados pela proposta colaborativa, os autores destacam que os estudantes de Física tiveram participação ativa, alterando parágrafos ou até excluindo partes do todo. Além disso, os mesmos enfatizam que, “[...] esta produção colaborativa foi efetivamente realizada e incorporada culturalmente pelos estudantes ao longo do processo de ensino-aprendizagem de Física” (ABEGG; BASTOS, 2012, p. 749).

Silva (2012) apresenta a implementação de uma simulação computacional que busca auxiliar no estudo da detecção de radiações ionizantes. O autor destaca que as atividades experimentais envolvendo radiações ionizantes apresentam inconvenientes em todos os níveis de ensino. No entanto, no Ensino Médio, a realização das mesmas se torna quase impossível, seja pelo alto custo dos materiais como pela responsabilidade no armazenamento das fontes. Nesse sentido, além do potencial pedagógico das ferramentas computacionais, as simulações abrandam as dificuldades financeiras e de armazenagem. Partindo-se da premissa de agregar aos benefícios das simulações o pouco prejuízo da falta de manuseio de experimentos

---

<sup>12</sup> Segundo Lagrega *et al*, (2012), “Moodle (2012) é um ambiente virtual de aprendizagem, cujo projeto e desenvolvimento são baseados na pedagogia do construtivismo social (Lagrega *et al*, 2012, p. 557)”.

<sup>13</sup> Aspas dos autores

reais, o autor descreve as estratégias de aplicação para duas turmas do curso de Licenciatura em Física, de um conjunto de materiais que abordam quatro experimentos clássicos de Física moderna, sendo: a determinação da razão carga/massa do elétron pelo método de Thomson; a determinação da carga do elétron pelo método de Millikan; a identificação das linhas espectrais visíveis do hidrogênio e do hélio; experimentos com fontes de radiação gama e um Geiger-Müller; e um espectrômetro de fótons. Segundo o autor, todos esses experimentos possuem simulações computacionais cujos controles e medições se assemelham aos que seriam realizados em aula. Como conclusão, o autor aponta que a aprendizagem conceitual é praticamente a mesma de quando o experimento é realizado em um laboratório real, pois a simulação implementa todos os elementos fundamentais da Física e a estatística da emissão e detecção das radiações ionizantes.

Macêdo, Dickman e Andrade (2012) descrevem o processo de elaboração e a aplicação de um roteiro de atividades que, por meio de simulações computacionais, aborda assuntos relacionados ao eletromagnetismo. Um roteiro de atividades que busca introduzir o tópico “condutores e isolantes<sup>14</sup>” foi aplicado a vinte e dois alunos do terceiro ano do Ensino Médio. Inicialmente, foi realizado com os alunos um pré-teste que objetivou identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto e mostrar aos mesmos as relações entre o conteúdo abordado e situações do cotidiano. Na sequência, foi apresentado aos estudantes o simulador computacional, que objetivou verificar as propriedades condutivas do grafite, da borracha e do metal. Na etapa seguinte da aplicação foi desenvolvido um pós-teste com os participantes, sendo que esse teve como finalidade averiguar as possíveis mudanças conceituais desenvolvidas. Dos dados obtidos no pré-teste, os autores destacam que a maioria dos estudantes apresentava dificuldades em definir conceitualmente os condutores. No entanto, conseguiam relacioná-lo a situações do cotidiano. Em relação às respostas do pós-teste, os autores apontam que grande parte dessas estava compatível com os conceitos. Esse permitiu que aos autores afirmassem que a simulação computacional promoveu uma mudança conceitual e ainda permitiu que os estudantes assimilassem diferenças básicas entre condutores e isolantes.

Cardoso e Dickman (2012) descrevem a elaboração e a aplicação de atividades relacionadas ao estudo do efeito fotoelétrico. As atividades desenvolvidas se apoiaram na utilização de simulações computacionais e foram aplicadas a dez alunos do terceiro ano do Ensino Médio. Em relação à utilização de simulações computacionais em aulas de Física, os autores justificam que a simulação computacional torna o aprendiz parte ativa no processo ensino-aprendizagem,

[...] pois proporciona interatividade que, quando aliada às ideias de Ausubel, permite que o aluno realize atividades conceituais que levam à aprendizagem significativa, ou seja, à aquisição do conhecimento. Além disso, a utilização de simulações computacionais promove a diversificação das aulas de Física, através da exposição de situações inusitadas que não podem ser vistas facilmente. (CARDOSO; DICKMAN, 2012, p. 896).

No entanto, os autores também destacam que as simulações não devem ser adotadas de forma exclusiva, mas, sim, de forma consciente e estruturada, de modo a não substituir estratégias tradicionalmente desenvolvidas por professores e alunos, como, por exemplo, vídeos ou textos. Inicialmente, antes de os alunos terem qualquer contato com o material, foi realizado um pré-teste, cujo objetivo foi identificar o nível de conhecimento dos alunos acerca de tópicos importantes para a compreensão do efeito fotoelétrico. Em um segundo momento, foram apresentados aos alunos vídeos que buscaram demonstrar o desenvolvimento histórico do efeito fotoelétrico. Além disso, foi passado aos alunos um texto sobre o assunto, que o apresentava de forma conceitual e contextualizada. O passo seguinte foi a aplicação da simulação computacional, na qual um feixe de luz era irradiado sobre uma placa de sódio e elétrons, ejetados do metal. Concomitante a aplicação da simulação, os alunos receberam um roteiro de atividades que objetivou orientá-los para a interpretação e para a estruturação do fenômeno. Após o emprego da simulação, foi apresentado aos alunos um mapa conceitual que buscou mostrar as relações hierárquicas entre os conceitos estudados. Finalizando a aplicação do trabalho, os alunos responderam a um teste-final que teve como finalidade identificar as possíveis relações entre os conceitos prévios e os novos conceitos adquiridos. Da análise das respostas aos testes, os autores apontam que de modo generalizado houve um entendimento dos conceitos referentes ao fenômeno em estudo, e ainda destacam a contribuição da simulação computacional como a responsável pela averiguação das hipóteses estabelecidas pelos alunos.

Rezende, Souza e Barros (2012) descrevem uma pesquisa que analisou a interação dos estudantes de Licenciatura em Física com um sistema hipermídia que aborda conceitos de mecânica. Segundo os autores, um sistema hipermídia se caracteriza pela interseção entre a multimídia,

[...] que utiliza os diversos meios para representar informações (texto, imagem, áudio, animação e vídeo) e o hipertexto, no qual a informação aparece, em geral, de forma textual e não sequencialmente organizada, mediada por ligações entre palavras-chave. Sua característica interativa torna possível que o usuário escolha o que aprender, a sequência na qual o material será acessado e o tempo de permanência em cada nó de informação. (REZENDE; SOUZA; BARROS, 2012, p. 363).

Buscando interagir com um sistema com tais características, participaram do estudo vinte e seis calouros do curso de Licenciatura em Física. Os alunos participantes puderam reestruturar conceitualmente os conhecimentos de mecânica básica a partir do hipermídia “Força e Movimento<sup>15</sup>”. Com a finalidade de identificar os conhecimentos prévios dos participantes, os autores aplicaram um teste com trinta questões de múltipla escolha. Além desse instrumento de coleta de dados, ao iniciar a interação com o sistema, automaticamente era criado um protocolo de registro onde eram armazenados os dados da navegação, como, por exemplo, páginas visitadas ou dados digitados pelos estudantes. Após a navegação, os alunos responderam um questionário de autoavaliação, que serviu para identificar a percepção dos estudantes e uma possível desorientação durante a utilização do hipermídia. Para complementar as análises, depois de passado um ano da aplicação do hipermídia, foi realizada com cinco dos participantes uma entrevista, que buscou interpretar os processos de navegação utilizados. Da análise dos dados coletados, os autores observaram o uso expressivo das palavras-chave, quando comparado ao uso dessas em estudo realizado em 2000. Além disso, os autores identificaram que, quanto maior o conhecimento apresentado pelo aluno, maior será a organização de sua navegação, fator esse que demonstra ser positiva a navegação em duplas, a fim de que alunos com pouco conhecimento prévio também sejam beneficiados com sistemas hipermídia.

O processo de produção compartilhada por dois alunos do curso de graduação em Educação Física é descrito por Rezende e Trindade (2011). Os

---

15 Aspas dos autores

alunos utilizaram o sistema hipermídia, “*Biomec16*”, que integra conceitos de mecânica a aplicações de biomecânica. Segundo os autores, a utilização de um sistema hipermídia se justifica, pois, sistemas multimídia e hipermídia,

[...] que representam as informações mediadas por imagens, vídeos, simulações, animações e textos se apresentam como alternativas atraentes por proverem aos estudantes a oportunidade de se engajarem em aspectos particulares do conhecimento científico por visualização e simulação de fenômenos (REZENDE E TRINDADE, 2011, p. 82).

Nessa perspectiva, os autores aplicaram o sistema hipermídia a uma dupla de alunos que foram escolhidos por conveniência de horários e que tinham se oferecido voluntariamente. Estes alunos cursavam a disciplina Biomecânica e interagiram com um sistema hipermídia composto por conceitos físicos, aplicações biomecânicas e aplicações anatômicas. A atividade analisada pelos autores consistiu na exploração do sistema por um período de quarenta minutos, onde a dupla deveria chegar a um consenso sobre os passos a serem seguidos no sistema. Para a obtenção dos dados da pesquisa, foi estruturado um sistema de captura de áudio e vídeo, que permitiu o registro das falas da dupla, bem como as informações sobre as páginas consultadas. Da análise realizada pelos autores, os mesmos apontam que a dupla realizou a exploração do hipermídia, acessando páginas estritamente pelo índice, sem usar palavras-chave. Além disso, foi destacado o papel das animações no sistema, tendo em vista que essas possibilitaram que fossem construídas relações de similaridade e diferenças no decorrer da atividade, assim contribuindo para o processo de aprendizagem.

Ríos, Veit e Araujo (2011) realizaram um estudo exploratório a partir da aplicação da modelagem computacional, utilizando-se do diagrama AVM, que é uma adaptação do diagrama V de Gowin para a modelagem computacional. As atividades do estudo foram aplicadas a vinte e três alunos matriculados na disciplina de Introdução à Física do curso de Licenciatura em Ciências Naturais e Educação Ambiental. Tais atividades foram desenvolvidas com o *software Modellus 2.5* e apresentadas na forma de situações-problema, abordando de modo superficial a cinemática e de modo aprofundado a dinâmica newtoniana. Buscando identificar os

conhecimentos prévios dos estudantes, inicialmente foi realizado como pré-teste o teste americano *Force Concept Inventory* (teste FCI). Esse teste é constituído por 30 perguntas, cada uma com cinco alternativas de resposta, onde somente uma corresponde à visão newtoniana. Após a realização do pré-teste, foram desempenhadas as intervenções com as atividades computacionais, que totalizaram dez encontros de duas horas cada um. Finalizadas as intervenções, foi realizado o pós-teste, quando novamente foi aplicado o FCI, com o objetivo de verificar a compreensão dos estudantes acerca dos conceitos de dinâmica após a aplicação das atividades computacionais. Como instrumentos de coleta de dados, além dos testes, foram escolhidos aleatoriamente dez estudantes para uma entrevista, que buscou questionar os mesmos sobre suas experiências com a modelagem computacional e o diagrama AVM. Também constitui uma fonte de informações aos pesquisadores o caderno de anotações do professor/pesquisador que aplicou as atividades. Em termos gerais, os autores apontam que, de acordo com o pré-teste, pós-testes, entrevistas e anotações, pode-se considerar que as atividades de modelagem computacional auxiliaram na compreensão dos fenômenos físicos, pois possibilitaram aos estudantes vislumbrar uma situação-problema, onde se priorizava o entendimento conceitual do fenômeno físico.

Silva Neto, Ostermann e Prado (2011) apresentam uma proposta de aplicação de tópicos de Física moderna e contemporânea a estudantes do curso de Radiologia Médica. Além da proposta, os autores destacam que foi realizada a avaliação de um *software* que simulou o interferômetro de *Mach-Zehnder*. A proposta e a avaliação foram aplicadas a trinta e dois alunos do curso técnico mencionado. Como forma de estabelecer uma maior comunicação entre o professor e alunos, foi disponibilizada uma página na internet, onde eram dispostas as atualizações e atividades a serem desenvolvidas, tais como textos e roteiros exploratórios. Segundo os autores, a página constituiu um produto educacional gerado durante a aplicação da proposta de trabalho, tendo em vista que esta foi largamente utilizada, pois todos os alunos dispunham de acesso à internet. Na referida página, foi disponibilizada uma simulação computacional do funcionamento do interferômetro de *Mach-Zehnder*, que, segundo os autores, pode ser simulado pelo computador por meio de um arranjo experimental que é equivalente ao experimento da fenda dupla. A avaliação das atividades desenvolvidas foi baseada

nas observações feitas em sala de aula e nos depoimentos dos alunos. Segundo os autores, a abordagem realizada apresentou efeitos a partir do momento em que os estudantes mudaram suas visões acerca do assunto radiações e puderam simular e compreender um fenômeno que irão utilizar em sua prática profissional.

A presente categoria apresentou trabalhos que abordaram assuntos relacionados ao eletromagnetismo e à mecânica, com o auxílio de ambientes virtuais de aprendizagem. Além disso, foram descritos trabalhos que realizaram um enfoque tecnológico por meio de simulações computacionais. Esses trabalhos foram aplicados a alunos do curso de graduação em Física e do Ensino Médio. Como pontos favoráveis para a adoção de simulações computacionais em sala de aula são destacados a segurança e o baixo custo, quando comparados a atividades experimentais reais. De modo geral, os dados obtidos revelaram que as simulações computacionais se assemelham às atividades realizadas em sala de aula e permitem a averiguação de hipóteses estabelecidas pelos alunos.

Da mesma forma, a categoria descreveu atividades desenvolvidas com alunos de cursos de graduação que contemplaram assuntos de Física através de sistemas hipermédia. Como conclusões, são destacadas as formas como se deu a navegação no sistema e também são apontados dados que indicam que as relações estabelecidas pelos hipermédia motivaram a aprendizagem. Igualmente, foram descritos trabalhos que desenvolveram em cursos de graduação, que não em Física, assuntos da Física com a utilização de um enfoque tecnológico, onde foi utilizada a modelagem computacional e a produção de uma página na internet. Segundo os autores, os recursos tecnológicos possibilitaram uma maior visualização dos fenômenos estudados e ampliaram o diálogo entre alunos e professores.

### 3.2. Conteúdos da Abordagem Contemporânea

De acordo com Zabala (1998), as propostas metodológicas têm uma atribuição de valor que se confere ao ensino. No caso da abordagem metodológica defendida na presente tese, parte-se da hipótese de que, para o desenvolvimento de uma cultura científica nos estudantes, passa-se pelo desenvolvimento da dimensão humanista e da dimensão investigativa em aulas de Física do Ensino Médio.

Na seção anterior, os artigos selecionados e agrupados em categorias demonstraram a contribuição da produção da área de ensino de Física e educação em Ciências em relação à aplicação dos enfoques Histórico-Filosófico, Social, Experimental e Tecnológico em sala de aula em diferentes níveis de ensino. As contribuições dos trabalhos analisados foram incorporadas em um planejamento didático que abordou o conteúdo de mecânica. Como tal planejamento contemplou a abordagem defendida nessa tese, foi denominado Abordagem Contemporânea da Mecânica.

Considerando que as finalidades e os objetivos de qualquer proposta metodológica são o ponto de partida para uma análise prática do processo educativo, deve-se em um primeiro momento buscar responder em relação ao planejamento didático desenvolvido, perguntas como: “por que ensinar?” e “o que ensinar?”.

A primeira pergunta “por que ensinar?” baseia-se no desenvolvimento da cultura científica, abordado de modo mais aprofundado na seção 2.1 do segundo capítulo. Sobre esse aspecto, Pozo e Crespo (2009), ao escreverem sobre as novas demandas educacionais na sociedade, apontam que as novas tecnologias da informação,

[...] unidas a outras mudanças sociais e culturais, estão abrindo espaço para uma nova cultura da aprendizagem, que transcende o marco da cultura impressa e deve condicionar os fins sociais da educação. (POZO; CRESPO, 2009, p. 23).

Nesse sentido, o planejamento didático construído no presente estudo, desenvolve ao longo de sua implementação as dimensões Humanista e Investigativa, e assim busca estabelecer a nova cultura citada anteriormente, onde

são levados em conta fatores sociais e tecnológicos da vivência dos alunos, respondendo assim o porquê de ensinar os conteúdos de mecânica sob uma abordagem contemporânea.

A resposta para a segunda pergunta, “o que ensinar?”, baseia-se na continuidade da pesquisa realizada em nível de mestrado, onde eu, autora dessa tese, desenvolvi e implementei um módulo didático que inseriu a Teoria da Relatividade Restrita via estudo do Sistema de Posicionamento Global à alunos do Ensino Médio.

Cabe ressaltar que, na pesquisa de mestrado, eu não possuía regência de sala de aula. Sendo assim, o planejamento desenvolvido foi implementado em uma turma emprestada por outro professor. Como neste momento em que desenvolvo a Abordagem Contemporânea da Física possuo regência de classe e atuo como professora da disciplina Física no Ensino Médio, apliquei a abordagem que foi tema de minha pesquisa em nível de doutorado com a mesma série, cujo conteúdo eu havia desenvolvido a pesquisa de mestrado. Isto é, no primeiro ano do Ensino Médio, quando tradicionalmente é abordado o conteúdo de mecânica.

Para Zabala (1998), o termo conteúdo normalmente denota os conhecimentos das matérias ou disciplinas clássicas. No entanto, esse autor aponta que devemos nos despendar dessa concepção do termo conteúdo e passar a compreendê-lo como tudo quanto se tem que aprender para alcançar determinados objetivos que não apenas abrangem as capacidades.

Portanto, também serão conteúdos de aprendizagem todos aqueles que possibilitem o desenvolvimento das capacidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e de inserção social (ZABALA, 1998, p. 30).

Nesse sentido, ao contemplar os conteúdos de mecânica o planejamento didático estruturado não somente se deterá aos princípios e enunciados desse, mas, sim, serão contemplados os conteúdos que, conforme a concepção de Zabala (1998), possibilitem o desenvolvimento de habilidades interpessoais e sociais.

Essas habilidades e capacidades estão em acordo com os documentos oficiais para o Ensino Médio e com a abordagem defendida no presente estudo. Dessa forma, o planejamento didático, denominado Abordagem Contemporânea da Mecânica, aborda os conteúdos relacionados à mecânica no sentido mais amplo do

termo, aliando ao enfoque conceitual os enfoques Histórico-Filosófico, Social, Experimental e Tecnológico, como ampara a Abordagem Contemporânea da Física, no desenvolvimento das Dimensões Humanista e Investigativa na sala de aula.

### 3.2.1. Conteúdos Conceituais

De acordo com Zabala (1998), entende-se por conteúdos factuais o conhecimento de fatos e fenômenos concretos. Para o autor, o ensino está repleto de conteúdos factuais, como, por exemplo, a utilização de símbolos na área da Química e da Física. Além disso, o referido autor aponta que esses conteúdos são tradicionalmente o foco principal de provas e de concursos.

Sobre esse último aspecto, Zabala aponta que tal conhecimento é por vezes depreciado, “[...] mas é indispensável, de qualquer forma, para poder compreender a maioria das informações e problemas que surgem na vida cotidiana e profissional” (ZABALA, 1998, p. 41).

Além disso, o autor aponta que os conceitos se referem ao conjunto de fatos, objetos e símbolos que têm características comuns e apresenta como exemplos de conceitos estudados na Física, densidade e potência. De acordo com Zabala (1998), os conteúdos factuais e conceituais permitem um tratamento conjunto, pois “[...] ambos têm como denominador comum a necessidade de compreensão. Não podemos dizer que se aprendeu um conceito ou princípio se não se entendeu o significado” (ZABALA, 1998, p. 43).

Nesse sentido, o planejamento didático construído ao desenvolver as dimensões Humanista e Investigativa aborda os conteúdos conceituais da mecânica. Tendo em vista que, conforme a citação anterior, esses são conteúdos de suma importância para interpretação de situações da vivência do aluno, e que estão relacionadas aos enfoques defendidos na Abordagem Contemporânea da Física, ou seja, enfoque histórico-filosófico, enfoque social, enfoque experimental e enfoque tecnológico.

### 3.2.2. Conteúdos Procedimentais

Para Zabala (1998), os conteúdos procedimentais configuram as estratégias, regras e métodos que possuem determinada finalidade. Segundo o autor, pode-se generalizar que os conteúdos procedimentais são aprendidos a partir de modelos especializados. Para o autor, esses modelos incluem:

- A realização de ações que formam os procedimentos - essa é condição para a aprendizagem;
- A exercitação múltipla – elemento importante para o domínio competente;
- A reflexão sobre a própria atividade - permite a tomada de consciência sobre a atuação;
- Aplicação em contextos diferenciados - baseia-se em aplicar o conhecimento em situações nem sempre previsíveis.

A abordagem Contemporânea da Física aplicada ao conteúdo de mecânica contempla o planejamento didático denominado Abordagem Contemporânea da Mecânica, atividades que envolvam os conteúdos procedimentais, principalmente aquelas relacionadas ao desenvolvimento da dimensão Investigativa.

Essas atividades foram estruturadas buscando desenvolver nos alunos o gosto pelo fazer, onde o mesmo possa realizar medidas, estabelecer hipótese e fazer comparações, assim, participando do processo de aprendizagem.

### 3.2.3 Conteúdos Atitudinais

Conforme Zabala (1998), os conteúdos atitudinais englobam a aplicação de valores, atitudes e normas que são socialmente aceitos. Para o autor, os conteúdos atitudinais supõem um conhecimento e uma reflexão sobre os possíveis modelos,

[...] uma análise e uma avaliação das normas, uma apropriação e elaboração do conteúdo, que implica a análise dos fatores positivos e negativos, uma tomada de posição, um envolvimento afetivo e uma revisão e avaliação da própria atuação. (ZABALA, 1998, p. 48).

Na Abordagem Contemporânea da Mecânica, os conteúdos atitudinais são considerados no desenvolvimento da dimensão Humanista, onde os conceitos estudados em sala de aula, muitas vezes, relacionam-se a situações cotidianas que são permeadas pela aplicação de normas de conduta e bem-estar social.

### **3.3. Fontes de dados da Abordagem Contemporânea da Mecânica**

Como fontes de dados pesquisa serão considerados os registros obtidos de 6 (seis) atividades desenvolvidas em sala de aula e de 4 (quatro) atividades publicadas no site FISQUIM.

#### **3.3.1 Análise Qualitativa**

A análise das respostas das atividades desenvolvidas na Abordagem Contemporânea da Mecânica foi realizada à luz de um tratamento qualitativo, com enfoque no procedimento de análise de conteúdo. Segundo Taylor e Bogdan (1998, p.19), “[...] metodologia qualitativa se refere em seu mais amplo sentido à investigação que produz dados descritivos: as próprias palavras das pessoas, faladas ou escritas e a conduta observável”. Já para Poll (1959 apud Bardin 1988, p. 21), “[...] na análise qualitativa é a presença ou a ausência de uma dada característica num determinado fragmento de mensagem que é tomado em consideração”. Sendo assim, serão considerados os fragmentos escritos dos

registros para a identificação de características e informações que permitam responder as perguntas apresentadas no problema de pesquisa.

Segundo Moreira (2011), a denominação qualitativa vem sendo utilizada para denotar várias abordagens em pesquisas de ensino. No entanto, alguns autores, como, por exemplo, Erickson (1986 apud Moreira, 2011, p. 47), prefere o termo pesquisa interpretativa, por ser mais inclusivo e não dar à pesquisa a característica de não ser essencialmente quantitativa. Para Moreira (2011),

[...] o interesse central dessa pesquisa está em uma *interpretação dos significados* atribuídos pelos sujeitos a suas *ações* em uma *realidade socialmente construída*, através de *observação participativa*, isto é, o pesquisador fica *imerso* no fenômeno de interesse. Os *dados* obtidos por meio dessa participação ativa são de *natureza qualitativa* e analisados correspondentemente. As *hipóteses* são *geradas* durante o processo investigativo. O pesquisador busca *universais concretos* alcançados através do estudo profundo de *casos particulares* e da comparação desse caso com outros estudados também com grande profundidade. Através de uma *narrativa detalhada*, o pesquisador busca *credibilidade* para seus modelos interpretativos. (MOREIRA, 2011, p. 76).

Dessa forma, a presente pesquisa se ajusta aos pressupostos da pesquisa interpretativa, tendo em vista que os dados obtidos nos registros das atividades desenvolvidas em aula darão suporte para a interpretação das narrativas produzidas pela professora, que permaneceu imersa no fenômeno de interesse.

A análise dos dados obtidos nos registros está baseada no procedimento de análise de conteúdo proposta por Bardin (1988). Segundo a autora, as diferentes fases da análise de conteúdo se organizam em torno de três pólos cronológicos:

- Pré-análise;
- Exploração do material;
- Tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

Para a autora, a pré-análise “[...] corresponde a um período de intuições, mas tem por objetivo tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema mais preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise” (BARDIN, 1988, p. 95). No caso dessa tese, esse período consistiu na escolha das metodologias que permitiram a interpretação das respostas às atividades propostas em aula. A exploração do material é a fase de sistematizar as decisões estabelecidas na pré-análise. Posto de outra forma, colocar em prática o que foi planejado. Na fase de exploração do material, buscaram-se nos

registros, obtidos por meio das atividades realizadas em aula, indícios de que as dimensões do conhecimento foram incorporadas. Na fase de tratamento, os resultados obtidos são tornados significativos e válidos. Nessa fase, a descrição das aulas, juntamente com os trechos das narrativas, produzidas por mim nos diários de aula, permitiram interpretações e reflexões sobre a prática docente. Essas reflexões dão subsídios para possíveis reformulações no planejamento das aulas.

### 3.3.2. Uso dos diários de aula no Ensino e Pesquisa

Os trechos dos diários de aula produzidos na implementação da Abordagem Contemporânea da Mecânica complementarão a análise das atividades desenvolvidas, tendo em vista que estes fornecem elementos que permitirão dar significados às ações desenvolvidas na realidade da sala de aula.

Além disso, serão analisados elementos presentes nos diários de aula que indiquem o potencial dos mesmos em fornecer informações que estimulem a reflexão da prática docente. A partir dessa reflexão, buscar-se-á elementos para modificações no planejamento para próximas implementações.

Para Cunha (1997), as informações presentes nas narrativas<sup>17</sup> dos sujeitos “[...] são a sua representação da realidade e, como tal, estão preenchidas de significados e reinterpretações” (CUNHA, 1997, p. 186). Assim, justifica-se a utilização dos diários de aula, tendo em vista que estes representam narrativas dos processos vivenciados, por permitir interpretações acerca do trabalho realizado que os outros registros sozinhos não dariam conta. Nesse sentido, as narrativas produzidas nos diários de aula carregam consigo a representação da realidade em sala de aula, mostrando dificuldades e êxitos que estão presentes na prática docente cotidiana. Em relação à prática reflexiva, Cunha (1997) aponta que, ao

---

<sup>17</sup> Neste trabalho a autora utiliza o termo “narrativo” para a descrição dos processos de investigação qualitativa que envolve a reflexão sobre a experiência do pesquisador. Nesse sentido, as narrativas fornecem informações para a observação dos processos vivenciados.

mesmo tempo em que o sujeito organiza suas ideias para o relato, quer escrito, quer oral,

[...] ele reconstrói sua experiência de forma reflexiva e, portanto, acaba fazendo uma auto-análise que lhe cria novas bases de compreensão de sua própria prática. (CUNHA, 1997, p. 187).

Desse modo, as narrativas presentes nos diários de aula trazem consigo elementos que permitem a autoanálise do professor que, ao relatar sua prática, busca criar novas formas e estratégias que enriqueçam os processos de ensino-aprendizagem. Dessa forma, as narrativas utilizadas no presente trabalho, além de complementar os registros obtidos por meio das atividades desenvolvidas em aula, darão subsídios para a busca de informações que revelem o caráter de autoanálise e reflexão desenvolvido pelas mesmas.

Ao escrever sobre o uso de diários de aula como instrumento de pesquisa, Zabalza (2004) aponta que não menos importante nesse uso do diário como recurso de pesquisa é o próprio fato de que torna os que o escrevem.

Dessa maneira, no diário se integram três posições complementares: a do ator (o que provoca as ações narradas no diário ou participa nelas); a do narrador (o que a conta, situando-se fora da ação) e a do pesquisador (o que se aproxima dos fatos com espírito de busca, com hipóteses a comprovar, com esquema conceitual e operativo que lhe permita ler, analisar, avaliar e melhorar as condições narradas. (ZABALZA, 2004, p. 26).

Por meio dessas características apresentadas, observa-se que as narrativas produzidas a partir dos diários de aula são de grande potencial para a reflexão da prática docente. Além disso, como comenta Zabalza (2004), o profissional que faz uso desse instrumento assume diferentes funções na pesquisa. Funções essas que se complementam com a finalidade de fornecer informações capazes de provocar o autoconhecimento e a busca por novas estratégias que visem à melhora dos processos descritos.

## 4. ABORDAGEM CONTEMPORÂNEA DA MECÂNICA

Nesse capítulo são descritas as aulas e atividades do planejamento didático que desenvolveu a abordagem defendida na presente tese para os conteúdos de mecânica. As aulas estruturadas sob uma Abordagem Contemporânea da Física incorporaram elementos que visam o desenvolvimento da dimensão humanista e da dimensão investigativa em sala de aula. Sendo assim, foram abordados os enfoques histórico-filosófico, social, experimental e investigativo. Todavia, algumas das aulas permitiram a abordagem de mais de um enfoque, como, por exemplo, pode-se citar a aula que abordou o enfoque histórico, experimental e tecnológico, onde cada tipo de enfoque buscou complementar o anterior.

### 4.1. Detalhamento das aulas e atividades

O Quadro 1, a seguir, traz o assunto estudado, bem como os objetivos, a abordagem e o(os) enfoque(s) de cada aula. Na sequência, as aulas são descritas com maior detalhamento.

Quadro 1

(Continua)

Síntese da proposta de Abordagem Moderna e Contemporânea da Mecânica				
Aula	Conteúdos	Dimensão/ Enfoque	Objetivos	Atividades
1	- Algarismos significativos - Notação Científica.	Humanista/ Social	- Apresentar e diferenciar as principais áreas da Física. - Relacionar a Física com situações do cotidiano. - Revisar os conceitos de algarismos significativos e notação científica.	- Levantamento das impressões dos alunos acerca do tópico movimento. - Determinação das medidas das dimensões da folha do caderno.

(Continua)

<b>Síntese da proposta de Abordagem Moderna e Contemporânea da Mecânica</b>				
<b>Aula</b>	<b>Conteúdos</b>	<b>Dimensão/ Enfoque</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Atividades</b>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>- Referencial.</li><li>- Posição</li><li>- Deslocamento</li><li>- Distância percorrida</li><li>- Sistema Internacional de Unidades.</li></ul>	Humanista/ Social	<ul style="list-style-type: none"><li>- Discutir, a partir de uma situação problema baseada em uma tirinha da Turma da Mônica, o conceito de referencial como sistema de eixos.</li><li>- Discutir os conceitos de posição, trajetória e deslocamento a partir de uma atividade lúdica denominada Trilha de Gênios.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Jogo denominado Trilha de Gênios. Nesse jogo os alunos jogavam o dado e andavam na trilha o número de casas que obtiveram. Para cada aluno que jogava era analisada sua posição. Além disso, foi medida para cada jogada a distância percorrida e o deslocamento dos estudantes em relação ao referencial adotado.</li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>- Instante e intervalo de tempo.</li><li>- Erros experimentais.</li></ul>	Humanista/ Histórica  Investigativa/E xperimental  Investigativa/T ecnológica	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ler o texto os relógios de Einstein.</li><li>- Realizar o experimento que determina o tempo de reação para introduzir os conceitos de instante e intervalo de tempo.</li><li>- Discutir os erros experimentais.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Leitura e destaque aos acontecimentos históricos citados no texto.</li><li>- Determinação do tempo de reação, para o caso em que uma régua em sua posição vertical é solta pelo colega.</li><li>- Elaboração de gráfico na planilha eletrônica Excel.</li></ul>
4	<ul style="list-style-type: none"><li>- Velocidade média.</li><li>- Velocidade instantânea.</li><li>- Movimento retilíneo e uniforme.</li></ul>	Humanista/ Social	<ul style="list-style-type: none"><li>- Resolver problemas que envolvam a determinação da velocidade média.</li><li>- Diferenciar velocidade média de velocidade instantânea.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Resolução de problemas abertos, onde os alunos deveriam fazer suas hipóteses ou pesquisar.</li><li>- Medida do comprimento da quadra da rua da escola para resolução de situação – problema.</li></ul>
5	Aceleração.	Humanista/ Social.  Investigativa/ Experimental.  Investigativa/ Tecnológica.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Relacionar os conceitos de velocidade e aceleração para a compreensão do experimento.</li><li>- Elaborar e interpretar o gráfico da posição x tempo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Realização de atividade experimental, na qual foi determinado o tempo que um volante leva para percorrer a distância de uma calha inclinada.</li><li>- Elaboração do gráfico da posição x tempo na planilha eletrônica Excel.</li></ul>
6	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV).	Conceitual	<ul style="list-style-type: none"><li>- Identificar situações do cotidiano que representam um MRUV.</li><li>- Aplicar as equações horárias do MRUV na resolução de problemas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Resolução de exercícios.</li></ul>

(Continua)

<b>Síntese da proposta de Abordagem Moderna e Contemporânea da Mecânica</b>				
<b>Aula</b>	<b>Conteúdos</b>	<b>Dimensão/ Enfoque</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Atividades</b>
7	- Força - Primeira lei de Newton. - Terceira lei de Newton.	Humanista/ Histórico- Filosófica.	- Compreender a necessidade do desenvolvimento do conceito de força para a descrição dos movimentos. - Relacionar as forças como resultado de uma interação. - Entender o enunciado da primeira lei de Newton. - Identificar as forças de ação e reação. - Aplicar o conceito estudado na resolução de atividades.	- Estudo das teorias de Aristóteles e Galileu para o movimento dos corpos. - Definição do conceito de Inércia. - Aplicação da primeira lei de Newton para a compreensão de situações do cotidiano. - Identificação dos pares de força de ação e reação em situações do dia a dia.
8	Revisão.	Conceitual.	- Revisar os conceitos estudados por meio de um mapa conceitual, evidenciando as relações entre os mesmos.	- Apresentação e discussão do mapa conceitual referente à cinemática.
9	Lei da Gravitação Universal.	Conceitual.	- Aplicar a equação da lei da Gravitação Universal na resolução de problemas. - Compreender que a força peso que atua em um corpo corresponde à força de atração exercida pelo planeta que esse se encontra.	- Discussão sobre a lei da Gravitação Universal. - Análise da força peso para diferentes corpos.
10	Lei da Gravitação Universal.	Humanista/ Social.	- Relacionar os conceitos estudados com o vídeo assistido.	- Análise do vídeo em que um austríaco salta da estratosfera. - Determinação da força exercida pela Terra no homem que realizou o salto.
11	Força normal. Força de tração Roldanas.	Conceitual.	- Identificar a força normal e a força de tração em situações do cotidiano. - Compreender que as roldanas são máquinas simples utilizadas para multiplicar forças e facilitar tarefas.	- Análise e discussão das forças que atuam nos corpos em situações do conhecimento dos alunos. - Identificação dos pares de força de ação e reação para o caso de um livro apoiado sobre a mesa.
12	Força elástica.	Investigativa/ Experimental	- Identificar as forças no sistema massa mola.	- Discussão em grupos sobre questões referentes à atividade experimental. - Realização de medidas de alongação para diferentes massas suspensas.

(Conclusão)

<b>Síntese da proposta de Abordagem Moderna e Contemporânea da Mecânica</b>				
<b>Aula</b>	<b>Conteúdos</b>	<b>Dimensão/ Enfoque</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Atividades</b>
13	Força elástica (Continuação).	Investigativa/ Tecnológica	- Elaborar o gráfico da Força <i>versus</i> alongação. - Interpretar a relação entre força e alongação a partir do gráfico.	- Elaboração do gráfico da Força <i>versus</i> alongação na planilha eletrônica Excel.
14	Força de atrito	Humanista/ Social.	- Reconhecer a existência da força de atrito em situações diversas. - Identificar situações nas quais a força de atrito pode ser alterada.	- Discussão em duplas dos conceitos físicos envolvidos na situação em que um automóvel está estacionado em uma rua íngreme. - Atividade lúdica - Cabo de Guerra.
15	Força de atrito	Conceitual	- Diferenciar atrito cinético e atrito dinâmico. - Determinar o módulo da força de atrito cinético e dinâmico para diferentes casos.	- Resolução de questões e problemas.
16	Segunda lei de Newton.	Conceitual.	- Compreender e aplicar a equação fundamental da dinâmica na resolução de questões propostas.	- Resolução de questões e problemas.
17	Energia.	Conceitual.	- Entender o trabalho como um processo de transferência de energia. - Calcular a energia associada ao trabalho para diferentes situações.	- Discussão dos conceitos de energia e trabalho. - Resolução de atividades.
18	Energia cinética Energia potencial.	Conceitual.	- Diferenciar as formas de energia potencial e cinética.	- Resolução de atividades.
19	Teoremas da energia cinética e energia potencial.	Conceitual.	- Aplicar os teoremas que relacionam trabalho e energia na resolução de problemas.	- Resolução de atividades.
20	Teorema da energia mecânica.	Conceitual.	- Reconhecer forças dissipativas. - Determinar a energia mecânica em diferentes situações.	- Discussão sobre transformações de energia em situações do cotidiano. - Resolução de atividades.
21	Conservação da energia.	Conceitual.	- Compreender e reconhecer sistemas conservativos. - Aplicar o princípio da conservação de energia na resolução de atividades.	- Resolução de atividades.
22	Potência.	Conceitual.	- Identificar situações do cotidiano que envolve o conceito de potência.	
23	Revisão.	Conceitual.	- Revisar e organizar os conceitos estudados.	- Elaboração de mapa conceitual sobre energia.

Quadro 1 – Síntese das aulas do Planejamento Didático

No Quadro 1 apresentado anteriormente, buscou-se apresentar cada aula com suas respectivas abordagens, os objetivos e as atividades que foram realizadas. Na sequência, cada aula será descrita com mais detalhes e informações. Cabe destacar que cada aula descrita teve tempo de duração de dois períodos de cinquenta minutos, ou seja, 2 horas/aula.

- Aula 1

A primeira aula de Física do ano letivo de 2013 procurou mostrar para os alunos, com a ajuda de uma apresentação de *slides*, o que a Física se propõe a estudar, ou seja, principais áreas, pesquisas etc. Inicialmente, foi analisada uma citação de Henri Poincaré, que buscou trazer os alunos para a reflexão sobre o papel da Ciência. Após tal citação, a Física foi identificada, assim como a Biologia e a Química, como pertencente à área das Ciências Naturais. A partir desse momento, passou-se a analisar a Física e suas divisões, como, por exemplo, a Física clássica, a Física moderna e a Física contemporânea. Dentro da Física clássica, foi identificado o objeto de estudo do primeiro ano do Ensino Médio, a mecânica. Já para a Física contemporânea, foram apresentados exemplares de pesquisas na área do acelerador de partículas, nanociência e supercondutores. Seguindo as explicações, foram apresentadas imagens que demonstram fenômenos físicos mais próximos ao dia a dia, como, por exemplo, receptores GPS, velocímetros, lâmpadas, entre outros. Esses exemplares, assim como os relacionados com a Física contemporânea, buscaram mostrar aos alunos que a Física não está somente nas páginas do livro didático adotado ou no caderno, mas, sim, que a mesma proporciona a interpretação para diversas situações presentes no cotidiano atual. Após esse debate, os alunos foram convidados a responder o seguinte questionamento: que coisas podem estar relacionadas à palavra mecânica?

Esse questionamento buscou estimular o pensamento dos alunos em relação ao assunto que seria estudado durante o ano, além de levantar informações que poderiam auxiliar no planejamento das aulas seguintes.

- Aula 2

Na segunda aula do planejamento didático, primeiramente foi discutida a utilização da notação científica para a resolução de problemas em Física e foram resolvidos alguns exemplares que utilizavam tal notação. Na sequência, com o auxílio de uma apresentação de *slides*, foi analisada pelos alunos uma tirinha<sup>18</sup> que tratava do assunto referencial.

Em relação ao emprego de tirinhas para o ensino de Física, Caruso e Freitas (2009), ao escreverem sobre o ensino da Teoria da Relatividade utilizando as mesmas, destacam a importância da utilização de tal procedimento.

O que torna interessante o uso das Histórias em Quadrinhos como fonte de motivação para os alunos em seus estudos é justamente a sua forma e a sua linguagem características, que misturam elementos específicos e resultam em uma perfeita interação entre palavras e imagens. (CARUSO; FREITAS, 2009, p. 359).

Dessa forma, concordando com o exposto pelos autores citados, a escolha da tirinha para a problematização do conceito de referencial se deu por acreditar que a mesma aproxima o importante assunto da mecânica a uma situação simples e de fácil compreensão. Após a leitura e discussão, foi formalizado o conceito de referencial e novamente interpretada a tirinha.

Na continuidade da aula, os alunos foram convidados a participar de um jogo que eu mesma desenvolvi e executei, denominado *Trilha de Gênios*. A trilha continha números colados no chão e, aleatoriamente, interrogações. Os alunos jogavam um dado para ver quantas casas deveriam caminhar. Caso parassem em alguma casa com a interrogação, seria feita uma pergunta com um dos conteúdos já vistos ou sobre curiosidades da Física. Caso o aluno errasse a pergunta voltava para o início do jogo. Quando acertava, o aluno permanecia no jogo. O estudante que primeiro terminasse a trilha seria o ganhador do jogo. As perguntas eram as seguintes:

1. O que pesa mais: 1 kg de ferro ou 1 kg de algodão?

---

18 Também conhecida como História em Quadrinhos.

2. Em dias ensolarados, conseguimos observar que o Sol nasce a Leste e se põe a Oeste. Sendo assim, podemos afirmar que este está em movimento?

3. O módulo da velocidade da luz é de 300.000 km/s. Como poderíamos escrever tal valor em notação científica?

4. O número 300.000 é igual a  $3 \times 10^6$ ?

5. O número  $3,5 \times 10^{-6}$  é igual 0,0000035?

6. Quando subimos em uma balança queremos determinar o quê?

7. Uma pessoa de 50kg pesa, na Terra, aproximadamente quanto?

A *Trilha de Gênios* foi estruturada no formato de L, como mostra a Figura 1, a seguir. Antes de iniciar o jogo foi escolhido como referencial o início da trilha. Então, para cada casa que o aluno parava era analisada a posição, o deslocamento e a distância percorrida pelo mesmo. A partir da 11ª casa, a distância percorrida e o deslocamento eram diferentes, e assim eram determinados com o auxílio de uma trena.

Figura 1

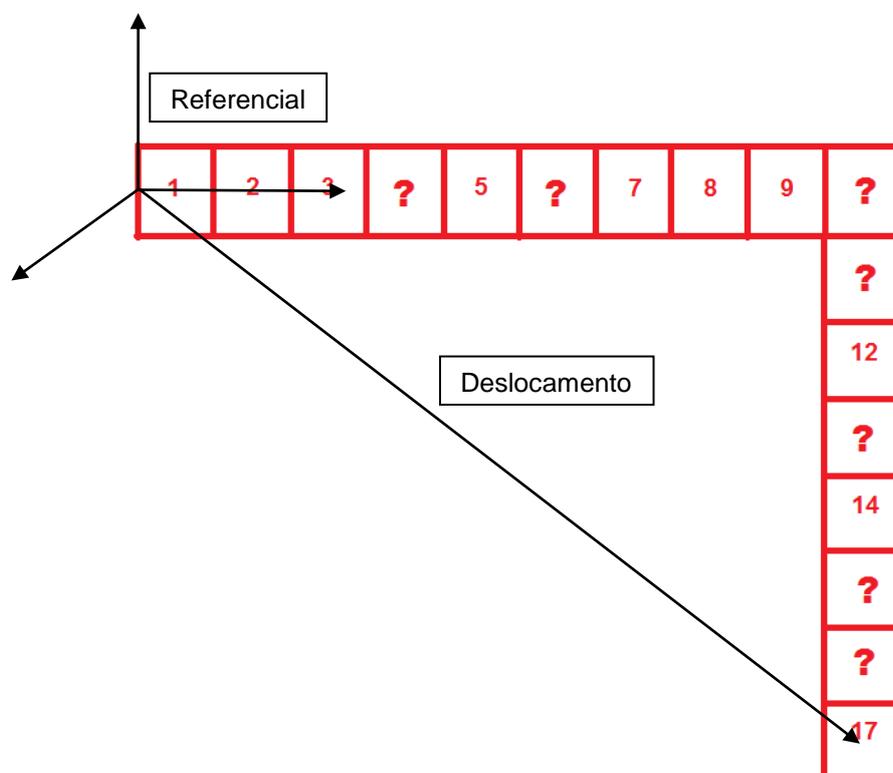


Figura 1 – Ilustração da Trilha de Gênios

- Aula 3

Na terceira aula do planejamento didático foi inicialmente estudado o texto *Os Relógios de Einstein – O lugar do tempo*, disponível nos anexos. O referido texto busca mostrar historicamente como se deu a sincronização dos relógios em algumas cidades europeias. Após a leitura, os alunos destacaram fatos históricos mencionados no texto.

Na sequência, ainda no estudo da grandeza física tempo, foi realizada a atividade experimental denominada *Tempo de Reação*. A realização da atividade experimental se deu por dois procedimentos. No primeiro deles, um aluno segurava a régua na posição vertical com o zero na direção da mão de outra pessoa. Abandonava-se inesperadamente a régua e o aluno tentava pegá-la no menor tempo possível. Nesse procedimento, quem soltava a régua cronometrava o tempo e repetia as medidas dez vezes. No segundo procedimento os alunos determinaram

os tempos de reação utilizando a equação  $h = \frac{gt^2}{2}$ , onde substituíam os valores medidos para a altura (h) e o módulo da aceleração gravitacional (g) e assim determinavam o tempo (t). Depois de todos os alunos terem realizado as medidas, foram discutidos os possíveis erros experimentais desenvolvidos e a necessidade de calcular o valor médio. Na sequência, os mesmos foram conduzidos ao laboratório de Informática da escola para a elaboração de gráficos dos dados experimentais coletados. Em relação à elaboração dos gráficos, pode-se citar Betz e Teixeira (2012), que, ao escreverem sobre as potencialidades associadas ao uso de ferramentas computacionais no ensino de Física, apresentam, entre outros *softwares*, a planilha eletrônica. Segundo os autores, a planilha eletrônica, além de ser um recurso familiar, já faz parte da rotina de muitos professores que a utilizam para, por exemplo, determinar médias. No entanto, grande parte dos professores não utilizam a mesma para tarefas em sala de aula. Nesse sentido, os autores apontam que a planilha eletrônica consiste em uma ferramenta poderosa em tarefas indispensáveis no processo de ensino e aprendizagem da Física, em especial para a realização de cálculos e para a elaboração de gráficos.

Assim, facilitar e automatizar tais tarefas significa propiciar um estudo mais completo e dinâmico de sistemas usualmente abordados pelos métodos tradicionais, bem como permitir a discussão de sistemas até então considerados demasiadamente complexos. (BETZ; TEIXEIRA, 2012, p. 793).

Dessa forma, reconhecendo a importância da referida ferramenta, optou-se por utilizar a planilha eletrônica Excel, por ser familiar para a maioria dos alunos e estar disponível nos computadores da escola.

- Aula 4

A quarta aula do planejamento didático iniciou com a análise de uma placa de trânsito que indicava o limite de velocidade máxima permitida em uma rodovia. A partir desta placa, foi discutida a unidade de medida da velocidade. Assim, chegou-se a conclusão de que o conceito de velocidade representava uma relação entre as grandezas distância e tempo. Dessa forma, foram analisadas situações para se chegar ao conceito e à equação para a determinação da velocidade média. Além disso, a partir da discussão sobre as velocidades demonstradas nos velocímetros dos automóveis foi estudado o conceito de velocidade instantânea.

Após as explicações, os alunos foram convidados a resolver o seguinte problema: Um ônibus com alunos desta cidade saiu em direção ao Museu da PUC. Considerando que o motorista não excedeu o limite de velocidade da rodovia, quanto tempo, aproximadamente, o ônibus deve ter levado para chegar ao museu?

Como esse problema não tem dados numéricos em seu enunciado, os alunos realizaram pesquisas para a sua resolução. Tal problema objetivou desenvolver nos estudantes a capacidade de estabelecimento de hipóteses, além de estimular a busca pelos dados que não estavam explícitos em sua formulação.

Após a resolução, os alunos receberam um segundo problema com o seguinte questionamento: Um automóvel levou 20s para percorrer a quadra ao lado da escola. Se você fosse um guarda de trânsito, você multaria o motorista desse automóvel?

Nesse problema os dados, comprimento da rua e velocidade máxima permitida em vias urbanas, não constavam no enunciado e, como anteriormente, houve a necessidade do estabelecimento de hipóteses e pesquisas para sua resolução. Após a resolução do problema, foi definido o conceito de Movimento Retilíneo e Uniforme e foi realizado um exemplo sobre o mesmo.

- Aula 5

Com o objetivo de introduzir o conceito de aceleração foi apresentado no início da quinta aula do planejamento um vídeo que demonstra a diferença entre a colisão de automóveis a  $60\text{km/h}$  e a  $65\text{km/h}$ , em um caminhão que atravessa a pista. Segundo o vídeo, o automóvel mais veloz excede em  $27\text{km/h}$  a velocidade de colisão do carro menos veloz. O referido vídeo<sup>19</sup> foi obtido no site do Departamento Estadual de Trânsito/RS (Detran/RS) e buscou dar continuidade às discussões sobre trânsito que se iniciaram na aula anterior.

Silveira (2011) apresenta uma resolução para o instigante vídeo sob o enfoque da cinemática. Segundo o autor, o citado vídeo foi desenvolvido pela *Monash University Accident Research Centre* (Centro de Pesquisa de Acidentes da Universidade Monash) e permite outras abordagens, como, por exemplo, a partir do Teorema Trabalho – Energia Cinética. No entanto, escolheu a seguinte abordagem:

[...] com o objetivo de mostrar que a cinemática pode (e deve, em nossa opinião) ser desenvolvida em contextos interessantes e desafiadores, conceitualmente ricos, evitando os problemas maçantes e de mera aplicação de fórmulas. (SILVEIRA, 2011, p. 474-475).

Nesse sentido, a utilização do vídeo em sala de aula no estudo da cinemática está de acordo com os pressupostos estabelecidos inicialmente, onde os documentos legais apontam para um ensino de Física que esteja contextualizado e relacionado com o cotidiano do estudante. Dessa forma, assim como na aula anterior, buscou-se abordar a cinemática sob um enfoque social, relacionando o

---

19 Disponível em <http://www.detrans.rs.gov.br/index.php?action=portal&subm=28>

estudo desta com situações que busquem desenvolver a responsabilidade no trânsito.

Os cálculos para provar que os valores presentes no vídeo são reais, como propostos por Silveira (2011), não foram realizados em aula, mas o mesmo serviu para introduzir o conceito de aceleração. Além disso, foi o problematizador para a compreensão de que a aceleração ocorre quando há uma mudança na velocidade.

Na sequência, foi realizado o experimento da calha. Nesse experimento cada aluno deveria medir o intervalo de tempo (em segundos), levado por um volante para percorrer a distância entre a origem e cada uma das posições assinaladas na calha. Após serem realizadas as medidas e as respectivas médias, foi elaborado o gráfico da posição *versus* tempo, na planilha eletrônica Excel.

- Aula 6

Após o experimento da calha, na sexta aula do planejamento didático foi realizada uma aula conceitual que buscou apresentar a expressão matemática para o cálculo da aceleração. Além disso, na sequência foi definido o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) e a equação da posição em função do tempo foi deduzida juntamente com os alunos. Na continuidade da aula foram resolvidos exemplos relativos à aceleração e ao MRUV, bem como foram selecionadas atividades do material de apoio para que os alunos os resolvessem.

- Aula 7

A sétima aula do planejamento didático iniciou o estudo da dinâmica. Para a introdução do conceito de força foi realizada uma abordagem histórico-filosófica, onde primeiramente foi analisada, com a ajuda de uma apresentação em *slides*, a concepção de movimento de Aristóteles. Dessa concepção foram descritas as definições de Movimento Natural e Movimento Violento. Além da concepção de Aristóteles, estudou-se a concepção de movimento de Galileu. Assim, foi possível

iniciar a discussão sobre a Inércia dos corpos. A partir da definição da Inércia, foi analisada a primeira Lei de Newton e uma tirinha que, conforme citado anteriormente, por possuírem uma linguagem acessível aos estudantes se tornam importantes ao ensino da Física.

Na sequência da aula, o conceito de força foi estudado do ponto de vista das quatro interações fundamentais da natureza, onde cada interação foi explicada e exemplificada aos alunos. Aproveitando a discussão sobre as interações, foi estudada a terceira Lei de Newton. Na análise da terceira lei foram destacadas suas características e, além disso, situações simples e do cotidiano foram interpretadas à luz da referida lei.

Finalizando a aula, foram realizadas atividades do material de apoio relativas aos assuntos estudados.

- Aula 8

A oitava aula do planejamento didático antecedeu a primeira prova do ano letivo. Sendo assim, foi realizada uma revisão dos conteúdos estudados até o momento. Para a revisão foi utilizada uma apresentação de *slides* com os principais tópicos estudados. Além disso, foi analisado um mapa conceitual, conforme a Figura 1, a seguir, com o objetivo de mostrar as relações hierárquicas entre os conceitos e demonstrar como estes estão interligados.

Figura 2

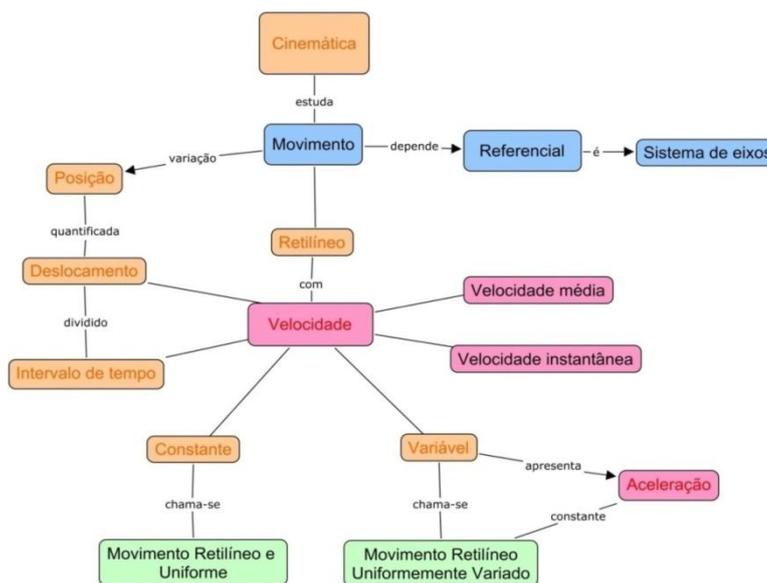


Figura 2 – Mapa Conceitual da Cinemática

A escolha da utilização do mapa conceitual se deu por considerar que este é um importante mecanismo de ensino, que além de reunir os conceitos já estudados, demonstra como estes estão relacionados, sendo essa uma possibilidade de realizar a revisão. Moreira<sup>20</sup> (2012), ao escrever sobre mapas conceituais, aponta que estes podem ser utilizados em diferentes situações de ensino, onde os mesmos podem ser elaborados para uma única aula, como também para uma unidade ou curso. De um modo geral, Moreira (2012, p. 05) destaca que os mapas conceituais são representações concisas das estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal,

[...] provavelmente facilitam a aprendizagem dessas estruturas. Entretanto, diferentemente de outros materiais didáticos, mapas conceituais não são auto-instrutivos: devem ser explicados pelo professor. Além disso, embora possam ser usados para dar uma visão geral do tema em estudo, é preferível usá-los quando os alunos já têm uma certa familiaridade com o assunto.

20 Adaptado e atualizado, em 1997, de um trabalho com o mesmo título publicado em O ENSINO, Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, N° 23 a 28: 87-95, 1988. Publicado também em *Cadernos do Aplicação*, 11(2): 143-156, 1998. Revisado e publicado em espanhol, em 2005, na *Revista Chilena de Educação Científica*, 4(2): 38-44. Revisado novamente em 2012. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>.

Dessa forma, buscou-se apresentar aos alunos como os conceitos estudados estavam estruturalmente interligados, objetivando, assim, facilitar a aprendizagem dos mesmos. Conforme o mencionado na referência, o mapa conceitual elaborado não foi autoassimilado pelos estudantes, pois para a sua compreensão as relações entre os conceitos foram discutidas pela professora juntamente com os alunos que, por sua vez, já tinham conhecimento dos conceitos presentes no mapa.

- Aula 9

A aula de número nove do planejamento didático buscou desenvolver com os estudantes o assunto referente à Teoria da Gravitação Universal. Essa aula teve abordagem conceitual do conteúdo e foi utilizado o material de apoio.

Foram destacados aspectos como a ação a distância da força de atração gravitacional e baixo valor da constante de atração gravitacional ( $G$ ). Além disso, foi estudado como determinar o peso de um corpo na superfície da Terra.

- Aula 10

A décima aula do planejamento didático buscou dar continuidade ao assunto abordado anteriormente, a Lei da Gravitação Universal. Como na aula anterior foi comentado sobre o salto da estratosfera realizado pelo austríaco Felix Baumgartner, foi utilizado o vídeo, disponível para esclarecimentos em: <http://www.youtube.com/watch?v=Q9GbjLQYg-g>.

Em relação à utilização de vídeos em sala de aula, Lua e Ferreira (2013) escrevem sobre uma experiência didática que utilizou vídeos de curta duração para o ensino de ciências a alunos do Ensino Fundamental. Segundo as autoras, a escolha pela utilização de vídeos ocorreu com o objetivo de sair da rotina das aulas tradicionais e possibilitar o ensino de conceitos importantes. As autoras destacam

ainda que esse recurso se apresenta como uma possibilidade pedagógica nos processos de produção de saberes,

[...] considerando que apresentam uma linguagem ativa com fluidez de informações, o que pode ser uma estratégia para motivar os alunos para o estudo dos saberes escolares (LUA; FERREIRA, 2013, p. 924).

Nesse viés, o enfoque da décima aula foi o Social, pois buscou explicar através dos conceitos físicos uma notícia que estava sendo vinculada na mídia, e inclusive foi dada como sugestão por um aluno. Sendo assim, com a consciência de que os alunos estão imersos em um contexto social onde a informação é rapidamente disseminada, procurou-se desenvolver nos estudantes a ideia de que os conteúdos estudados em sala de aula vão além das páginas do caderno ou do livro didático. Além disso, eles podem dar a explicação para muitos fenômenos do dia a dia, bem como fornecer a explicação científica para assuntos que estão sendo veiculados nos inúmeros meios de comunicação que permeiam suas vidas.

O citado vídeo traz informações importantes do ponto de vista físico. Como, por exemplo, ao iniciar a descrição do salto é evidenciado que o austríaco deseja ser o primeiro humano a romper a barreira do som. Além disso, são apresentados dados como a altura em que foi realizado o salto, massa da cápsula, entre outros. Esses dados embasaram as discussões sobre a força de atração gravitacional, força de atrito e velocidade do som.

Finalizando a aula, foi solicitado como tarefa de casa que, com os dados obtidos no vídeo, calculassem o módulo da força de atração que a Terra exerceu no austríaco que realizou o salto no momento em que saiu da cápsula. Depois de passada a tarefa, foram solucionadas questões da aula anterior.

- Aula 11

A décima primeira aula do planejamento didático abordou conceitualmente os conteúdos força normal, força de tração e roldanas. Para tal abordagem, foram utilizados exemplos presentes no material de apoio e apresentação de *slides*.

Antes de iniciar as explicações sobre força normal, foram novamente diferenciadas as forças de contato e forças de campo. Após tal diferenciação, foram analisadas as forças que atuavam em corpos para diferentes situações e identificada a força normal para as situações citadas.

Na sequência, foram estudadas a força de tração e as roldanas, onde foram identificadas situações que envolviam roldanas móveis e fixas. Após as explicações, os alunos resolveram atividades do material de apoio e levaram para casa uma atividade onde deveriam identificar os pares de força de ação e reação para o caso de um livro apoiado sobre a mesa.

Essa atividade buscou retomar a terceira lei de Newton, que já havia sido estudada, bem como envolver os alunos que ingressaram na turma com os conteúdos que estavam sendo estudados.

- Aula 12

A aula de número doze do planejamento didático buscou abordar a Lei Hooke sob um enfoque experimental. Para tal abordagem, foi realizado o experimento referente à força elástica. Nessa atividade experimental foi utilizada uma mola presa a um suporte graduado e corpos com massa aferida que poderiam ser suspensos na mola.

Antes da realização das medidas, os alunos foram divididos em dois grupos e responderam a questionamentos que buscavam desenvolver a reflexão sobre o experimento. Esses questionamentos objetivaram desenvolver o diálogo no grupo de trabalho e, assim, estimular a participação e compreensão de todos os integrantes.

Após responder aos questionamentos, os alunos realizaram as medidas de alongação e força.

- Aula 13

A décima terceira aula do planejamento didático deu continuidade à aula que abordou a força elástica. Nessa aula o enfoque foi o tecnológico, pois após serem realizadas as conversões em algumas unidades de medida, os alunos foram ao laboratório de Informática para a elaboração do gráfico da força *versus* alongação. Como em aulas anteriores, o gráfico foi elaborado na planilha eletrônica Excel.

Após a elaboração do gráfico, os alunos responderam a questionamentos que buscaram estimular a interpretação do gráfico elaborado. Esses questionamentos visaram relacionar a representação obtida no Excel, com funções matemáticas, a fim de que, dessa forma, os alunos pudessem compreender com autonomia a relação proporcional existente força e alongação.

Dando continuidade a aula, foi estudada a equação matemática que representa a lei de Hooke. Novamente foi tomada como referência a função matemática obtida no gráfico para a interpretação da equação. Além disso, foram realizadas atividades do material de apoio em que a aplicação da lei se fez necessária.

- Aula 14

A aula de número quatorze do planejamento didático buscou contemplar o estudo da força de atrito. Primeiramente, foram distribuídas folhas aos alunos com imagens de um carro estacionado em uma rua íngreme e de um carro na lama, onde seus pneus patinavam sem sair do lugar. Além das imagens, a atividade continha perguntas que buscaram desenvolver nos alunos a ideia de que nas situações descritas uma força se opõe ao movimento.

Após terem respondido as perguntas, os alunos foram convidados a ir para o corredor da escola para a realização da atividade lúdica, Cabo de Guerra. Para essa atividade, os alunos que se enfrentariam no Cabo de Guerra foram divididos em dois grupos, sendo um das meninas e o outro dos meninos. Após o enfrentamento dos grupos, que culminou com a vitória dos meninos, foi solicitado que os mesmos

retirassem seus tênis e ficassem somente de meias. Dessa vez, a vitória foi do grupo das meninas e, a partir dessa situação, foi possível iniciar o debate para a explicação referente aos diferentes resultados da atividade lúdica.

Com esta atividade que estimulou a interpretação física para uma situação simples e divertida, buscou-se desenvolver uma abordagem social para a aula, pois se procurou assim o desenvolvimento de estratégias que vão além da teoria e estimulam a prática, fazendo com que o aluno se sentisse participante do processo de ensino.

As situações levantadas na atividade permitiram discutir assuntos relacionados com a força de atrito, como, por exemplo, o coeficiente de atrito e situações nas quais o atrito auxilia o movimento.

- Aula 15

Nesta aula o conceito de atrito foi matematicamente formalizado. Além disso, foram analisadas situações do material de apoio que permitiram diferenciar as forças de atrito estático e atrito cinético.

Na sequência, foram resolvidos exemplos e exercícios do material de apoio. Sendo assim, o enfoque da décima quinta aula do planejamento didático foi o conceitual, onde a expressão matemática que permite determinar o atrito foi aplicada em diferentes atividades.

- Aula 16

A décima sexta aula do planejamento didático foi aplicada sob uma abordagem conceitual. Nessa aula, estudou-se a segunda lei de Newton, sendo que a primeira lei também foi novamente abordada.

Para a discussão referente a segunda lei de Newton foram analisadas situações presentes no material de apoio, além de um recurso digital que buscou demonstrar que, ao aumentar a massa de um carrinho, sua aceleração diminui.

Após a análise do enunciado e de situações que envolviam a segunda lei, foi aplicada a equação fundamental da dinâmica na resolução de atividades do material de apoio.

- Aula 17

A referente aula do planejamento didático iniciou os estudos sobre a energia. Para esse estudo, foi realizada uma abordagem conceitual do assunto trabalho de uma força.

Inicialmente, foi evidenciado que trabalho se constitui em um processo de transferência de energia, mas, para isso, foi discutido que o conceito de energia não é algo definido na comunidade científica, porém, sabe-se que a mesma não se perde e nem se cria, mas se transforma.

Na sequência, foi discutido com os alunos como determinar a quantidade de energia associada ao processo trabalho. A discussão sobre a unidade utilizada no cálculo da energia associada ao processo trabalho suscitou debates sobre as informações presentes em rótulos de alimentos.

Após as explicações, foram realizados exemplos do material de apoio sobre o assunto estudado.

- Aula 18

Na décima oitava aula do planejamento didático, primeiramente foram corrigidos exercícios que ficaram como tema para os alunos. Na sequência, foram diferenciadas as formas de energia cinética e energia potencial. Para esse estudo,

foram analisadas situações presentes no material de apoio, configurando, assim, uma abordagem com enfoque conceitual.

Além da diferenciação, foram realizados exemplares de atividades que envolviam a energia potencial elástica e a energia potencial gravitacional.

- Aula 19

A aula de número dezenove do planejamento didático também foi conduzida sob um enfoque conceitual. Nessa aula foram abordados os conteúdos Teorema da Energia Cinética e Teorema da Energia Potencial.

Durante o desenvolvimento da aula foram realizadas atividades nas quais os teoremas foram aplicados.

- Aula 20

A vigésima aula do planejamento didático objetivou aplicar o teorema da Energia Mecânica a diferentes situações que fazem parte do cotidiano dos alunos.

Em um primeiro momento, foram discutidas as forças conservativas e as forças dissipativas. Na sequência, foram resolvidas atividades que envolviam o teorema da energia mecânica na sua resolução.

Nesta aula, com o objetivo de ampliar o diálogo entre alunos e professor, foi lançado o site FISQUIM. O site foi elaborado juntamente com a professora de Química da escola e nele puderam ser contemplar assuntos de interesse e que estivessem relacionados com as aulas de Física e Química.

Em relação ao ensino de Física e aos ambientes virtuais, Souza, et al. (2012) escrevem sobre a aplicação de um portal interativo, cujo objetivo de aprendizagem é o ensino de Ciências e Física. Segundo os autores, a escolha dessa estratégia de

ensino ocorreu, porque a *Web 2.0*<sup>21</sup> é uma importante ferramenta para o ensino e para a aprendizagem, pois exige que em sua utilização seja priorizada a qualidade.

Quando usada de forma efetiva, desempenha um papel importante para o desenvolvimento do aluno, promovendo a iniciativa pessoal e de grupo, a solidariedade, o respeito mútuo e a formação de atitudes sociais, sendo um poderoso elemento de motivação no ambiente de aprendizagem. (SOUZA, et al., 2012, p.424).

Nesse sentido, o site FISQUIM buscou criar um espaço onde os alunos refletissem sobre os conceitos estudados em aula e aplicassem estes conhecimentos em situações contextualizadas e que fazem parte de sua realidade.

- Aula 21

A abordagem da vigésima primeira aula do planejamento didático foi a conceitual. Primeiramente, foram discutidos sistemas conservativos e, como exemplos de sistemas com atrito desprezível, foram citados pista de gelo, jogo com colchão de ar e o movimento dos planetas. Na continuidade da aula, a conservação da energia foi abordada e foram analisadas diversas situações que demonstravam as transformações de energia, como, por exemplo, a montanha russa. Além disso, problemas propostos no material de apoio foram resolvidos.

---

21 Segundo os autores, “a *Web 2.0* [...] é a segunda geração de serviços *online* e se caracteriza por potencializar as formas de publicação, compartilhamento e organização de informações, além de ampliar os espaços para a interação entre os participantes do processo (SOUZA; et al. 2012, p.424).

- Aula 22

A vigésima segunda aula planejamento didático iniciou com uma revisão dos conteúdos que estavam sendo abordados em aulas anteriores. A revisão se fez necessária tendo em vista que os alunos participaram de atividades extracurriculares e ficaram três semanas sem aulas de Física.

A revisão dos conteúdos relacionados à energia ocupou um período da aula. Na sequência, foram corrigidas atividades que ficaram como tema de casa, sendo que após a revisão foram mais bem assimiladas pelos alunos.

Após a correção, iniciou-se o estudo do conceito de potência. Nesse momento da aula houve grande participação dos alunos e os conceitos que estavam sendo abordados foram frequentemente, por parte dos alunos, relacionados ao cotidiano. Além disso, foram analisadas situações nas quais foi possível discutir o conceito de potência dissipada.

- Aula 23

A aula final do planejamento didático antecedeu a última prova de Física do ano. Como os alunos estavam comentando as dificuldades com os conteúdos estudados, uma revisão seria necessária. Para isso, optou-se novamente pelo mapa conceitual. No entanto, neste momento o mapa seria formulado pelos alunos.

Sendo assim, o mapa utilizado anteriormente serviu como exemplar aos alunos que não o conheciam e para relembrar aos que já tinham estudado o mesmo. Após as explicações, os alunos elaboraram seus próprios mapas, podendo para isso consultar o material que possuíam.

Essa atividade buscou estimular a reflexão sobre os conteúdos estudados e instigar o estabelecimento relações entre os mesmos.

## 4.2. Síntese das aulas

Na seção anterior foram descritas as aulas e atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo. No entanto, não foram descritas as aulas como de realização de avaliações, aulas de entrega de avaliações e aulas nas quais foram realizadas atividades extracurriculares.

A Tabela 6, a seguir, mostra o número de aulas para cada enfoque, bem como aulas cujas atividades não foram descritas na seção anterior.

Tabela 6:

<b>Enfoque</b>	<b>Número de aulas</b>
Social	6
Histórica	2
Experimental	3
Tecnológica	3
Conceitual	13
Avaliações	7
Entrega e correção de avaliações	3
Atividades extracurriculares	5

Tabela 6 – Síntese dos enfoques

Ao analisar a Tabela 6, pode-se perceber que a mesma contabiliza aulas que não foram descritas anteriormente. Esse fato se justifica, pois não foram descritas as aulas de aplicação de avaliações e de entrega e correção das mesmas. Além, disso não foram descritas as aulas em que ocorreram atividades da escola que não estavam relacionadas à abordagem defendida nesse trabalho.

### 4.3. FISQUIM

Conforme descrito anteriormente, a vigésima aula no planejamento didático, que incorporou a abordagem construída e defendida na presente tese, contou com um importante incremento para ampliação do diálogo entre alunos e professor.

Nessa aula foi lançado aos alunos o site FISQUIM, conforme demonstra a figura 3. O site teve como objetivo dar continuidade aos assuntos abordados em aula, para que, assim, os alunos tivessem a possibilidade de aplicar os conhecimentos adquiridos em outros contextos e, principalmente, relacionando-os com sua realidade.

Figura 3:



Figura 3 – Primeira atividade do site FISQUIM

A plataforma do site foi elaborada pelo professor Ricardo Andreas Sauerwein que, juntamente com a professora Inês Prieto Schmidt Sauerwein, coordena as atividades do grupo de pesquisa ao qual faço parte, denominado de Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências (MPEAC).

O site foi denominado FISQUIM, pois foi uma ideia colaborativa das professoras das disciplinas de Física e Química. Assim, este traria em seu conteúdo atividades e textos das duas disciplinas. A figura 3 apresentou a primeira atividade da disciplina de Física.

Ao observar a foto do site, é possível perceber que o portal continha abas para cada disciplina que o compunha, bem como o número de usuários *on-line* e a identificação destes.

A área de ensino de Física e educação em Ciência oferece informações significativas sobre a utilização de ambientes da internet em sala de aula, também chamados de ambientes virtuais. Pode-se citar como exemplo a pesquisa realizada por Souza *et al* (2012), onde os autores desenvolveram um produto tecnológico, denominado portal interativo Ealuno, que foi elaborado com a utilização dos recursos da *Web 2.0*<sup>22</sup>.

No exemplo citado, o portal interativo foi apresentado a alunos do segundo ano do Ensino Médio. Durante o estudo do tópico ondas, esses alunos foram convidados a participar das atividades do portal Ealuno. Em relação à dinâmica de utilização do portal, de acordo com os autores, os usuários poderiam visualizar o conteúdo e interagir através de comentários e perguntas sobre o assunto. Como conclusões da pesquisa, os autores apontam que a utilização de ambiente virtual em sala de aula de Física conferiu ao professor a possibilidade de se apropriar dessa tecnologia,

[...] integrando-a ao ambiente de ensino-aprendizagem usual produzindo um ensino de física mais dinâmico e mais próximo das constantes transformações que a sociedade tem vivenciado, contribuindo para diminuir a distância que separa a educação básica das ferramentas modernas de produção de difusão do conhecimento. (SOUZA, *et al*, 2012, p. 444).

O exemplar citado demonstra que os recursos tecnológicos da internet, quando utilizados de forma integrada ao ambiente de sala de aula, proporcionam aproximação entre as ferramentas tecnológicas e o ensino de Física. Além dessas potencialidades, o site FISQUIM foi desenvolvido com a finalidade de dar continuidade aos debates acerca dos conteúdos abordados em sala de aula.

---

<sup>22</sup> De acordo com os autores: “[...] a *Web 2.0* (termo que faz uma analogia com o tipo de notação em informática indicando a versão de um *software*) é a segunda geração de serviços *online* e se caracteriza por potencializar as formas de publicação, compartilhamento e organização de informações, além de ampliar os espaços para a interação entre os participantes do processo (SOUZA, *et al*, 2012, p.423).

Dessa forma, foram estruturadas quatro atividades, que eram divulgadas no site semanalmente. Tais atividades foram planejadas em acordo com a Abordagem Contemporânea da Física, que é desenvolvida e defendida nessa tese. Nesse sentido, as atividades publicadas no site FISQUIM buscaram trazer a realidade dos alunos para os assuntos abordados em sala de aula, proporcionando, assim, o desenvolvimento da cultura científica já comentada.

Não se pode deixar de mencionar que o desenvolvimento das dimensões Humanista e Investigativa também foi considerado no planejamento das atividades, descritas na sequência, tendo em vista que estas contemplaram o enfoque social e o enfoque tecnológico.

- Atividade 1

A primeira atividade publicada no site FISQUIM aconteceu no momento em que o assunto energia estava sendo estudado em sala de aula. Sendo assim, a atividade buscou aproximar os alunos dos temas debatidos em aula, fazendo com que refletissem sobre como o conceito está presente em praticamente todas as ações de nosso dia a dia.

Dessa forma, primeiramente os estudantes responderam sobre cinco ações que julgaram envolver a energia em seu cotidiano. Após esse relato de ações, os alunos foram convidados a enviar uma foto ou imagem que, na opinião deles, pudesse representar um texto sobre a energia.

A seguir, estão transcritas, tal como publicadas no site FISQUIM, as perguntas que fizeram parte da atividade 1.

a) Enunciado publicado: Já pararam para pensar que estamos estudando um assunto muito importante, a ENERGIA? Você consegue identificar no seu dia a dia a energia? Como ela se relaciona com o que estudamos em sala de aula? Para fazer esta discussão e trazer outros assuntos à tona, relate ao menos cinco ações que envolvam energia, desde o momento em que acorda até o instante de ir dormir, justificando-as.

b) Enunciado publicado: Você poderia identificar no seu dia a dia uma cena que ilustraria um texto sobre energia? Tire uma foto, ou selecione uma imagem na internet sobre o tema energia e faça o *upload* dela para o site.

- Atividade 2

A segunda atividade publicada no site FISQUIM envolveu a questão social e tecnológica da utilização da energia com relação ao consumo de energia elétrica e a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa em artefatos tecnológicos que garantem o conforto dos cidadãos do mundo inteiro. O objetivo da atividade foi fazer com que os alunos emitissem sua opinião sobre as soluções tecnológicas apresentadas no texto e, além disso, que pensassem nas consequências do uso indevido e exagerado de condicionadores de ar.

Enunciado publicado: Com a Atividade 1 conseguimos perceber como a energia está presente em nossas vidas. No entanto, na atualidade um dos desafios da humanidade é a redução da queima de combustíveis fósseis sem diminuir o conforto de nossas residências. O texto a seguir trata de um problema mundial e apresenta algumas soluções que estão sendo desenvolvidas. [Após a leitura atenta desta notícia, deixe seu comentário.](#)

- Atividade 3

A terceira atividade do site FISQUIM também teve o foco nas questões sociais e tecnológicas, mas, neste momento, usos indevidos e possíveis soluções para práticas cotidianas e que estão ao alcance de todos. O objetivo da atividade consistiu, após a leitura do texto da atividade anterior, solicitar a reflexão dos alunos sobre as atitudes pessoais que podem estar degradando energia.

Enunciado publicado: As perdas e o mau uso da energia constituem um problema de ordem ambiental e também está cada vez mais presente no dia a dia. Dentre os desafios da humanidade, a redução das perdas de energia nas

transformações energéticas constitui uma atividade destinada à criação de novas tecnologias e procedimentos sociais (comportamento) não somente para o uso da energia como também na formação de cidadãos. Diante dessa informação, identificar as várias perdas de energia que ocorrem no cotidiano das pessoas.

- Atividade 4

Após as questões tecnológicas e sociais serem priorizadas nas atividades anteriores, a quarta atividade do site FISQUIM preconizou um tema que foi objeto de debate em sala de aula, tendo em vista que na aula sobre conservação da energia mecânica os alunos questionaram sobre o funcionamento de uma montanha russa. Sendo assim, essa atividade considerou as preferências demonstradas em aula pelos estudantes para fazer com os mesmos aplicassem os conceitos estudados na interpretação de uma situação real e lúdica.

Cabe destacar que a atividade em questão trouxe um vídeo para a análise dos alunos. Como citado anteriormente, a utilização de vídeos em sala de aula e, neste caso, em ambientes virtuais, pode ser um recurso motivador, pois apresenta uma linguagem próxima a dos estudantes, o que favorece o processo de ensino e aprendizagem.

Enunciado publicado: A conservação da energia constitui um dos mais importantes princípios da Física. Analise o vídeo e relate as transformações de energia, inclusive se há a dissipação da mesma. Depois de relatar as transformações de energia, responda as questões:

- a) Por que o usuário pode controlar o trenó, sem ser necessário um motor para isso?
- b) Em quais pontos da trajetória do trenó o usuário experimentará situações de energia cinética máxima? Nesse ponto, o que podemos afirmar sobre a energia potencial?

- c) Em quais pontos da trajetória o usuário poderá experimentar situações de energia potencial máxima? Nesse ponto, o que se pode afirmar sobre a energia cinética?
- d) Ao acionar os freios, o que acontece com a velocidade do trenó? Com base nos conceitos físicos estudados, qual força passa atuar com maior intensidade? Explique.

## **5. RESULTADOS**

Neste capítulo são apresentadas as respostas dos alunos a 10 (dez) atividades realizadas durante a implementação do planejamento didático intitulado Abordagem Contemporânea da Mecânica, que, em sua estruturação, incorporou a abordagem construída e defendida na presente tese aos conteúdos tradicionalmente trabalhados no primeiro ano do Ensino Médio.

As respostas para as atividades desenvolvidas em sala de aula e do site FISQUIM serão descritas conforme o apontado no capítulo anterior, onde foram traçados os encaminhamentos metodológicos da presente pesquisa. Ou seja, as atividades serão descritas de acordo com a metodologia de Análise de Conteúdo. Além disso, os trechos dos diários de aula complementarão a análise das respostas.

Cabe destacar que, ao analisar os trechos dos diários, será realizada uma análise em primeira pessoa, pois como autora dessa tese, professora que aplicou o planejamento e também autora dos diários de aula, a escrita impessoal aplicada à linguagem formal não se ajusta ao caráter de uma pesquisa interpretativa, onde a pesquisadora permaneceu imersa no fenômeno de interesse.

### **5.1 Atividades de sala de aula**

Nessa seção estão transcritas e analisadas as respostas dos alunos a seis (6) das atividades que foram desenvolvidas ao longo do ano letivo na sala de aula.

#### **5.1.1. Primeira atividade**

Na primeira aula do planejamento didático foi solicitado aos alunos que escrevessem as coisas que imaginassem estar relacionadas ao tema mecânica.

Essa atividade foi baseada na sugestão de plano de curso proposta no livro Física 1, do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), publicado no ano de 2002. Segundo aponta o livro, esse levantamento deve servir como base para a estrutura do curso.

Nesse viés, a primeira atividade desenvolvida em aula buscou estimular a reflexão dos alunos sobre o assunto que seria estudado ao longo do ano letivo e, além disso, o levantamento de informações que a primeira atividade forneceu permitiu estruturar as aulas seguintes.

Na sequência, encontram-se transcritas, no Quadro 2, as respostas dos alunos a essa atividade. Com a finalidade de manter o anonimato dos estudantes, as respostas são identificadas por números, cuja numeração se manterá a mesma até o final da análise das respostas das atividades realizadas em aula.

Quadro 2:

<b>Identificação do aluno</b>	<b>Resposta do aluno</b>
<b>Aluno 1</b>	Máquinas simples, como roldanas; mecânica de carros; os movimentos; criação de máquinas complexas; criação de aparelhos emissores de ondas, de aparelhos que podem oferecer ajuda, como planos inclinados.
<b>Aluno 2</b>	Energia; indústrias; carros; tecnologia.
<b>Aluno 3</b>	Carro; velocidade; tempo; força; equilíbrio.
<b>Aluno 4</b>	Consertar carros; oficina.
<b>Aluno 5</b>	Carro; mecânico; PC; celular; TV; microfone; lâmpada; fogão; microondas; geladeira; avião; moto; foguete.
<b>Aluno 6</b>	Carro; peças de automóveis; velocímetro; força; bicicleta.
<b>Aluno 7</b>	Automóvel; velocímetro; relógio; computador; televisão.

Quadro 2 – Respostas dos alunos à primeira atividade

Cabe destacar que, após os alunos terem escritos suas respostas, as mesmas foram colocadas no quadro para que assim fosse realizado um diálogo sobre os termos que apareceram e as semelhanças entre esses.

- Análise das respostas

De modo geral, pode-se destacar que em 100% das respostas os alunos citaram carros ou automóveis na seleção de coisas relacionadas ao tema mecânica. Provavelmente, esse consenso se deve ao termo oficina mecânica que faz parte do cotidiano de todos esses estudantes.

A análise do trecho do diário que produzi nesta aula fornece informações a respeito dos desdobramentos que tal atividade possibilitou em sala de aula. Sendo assim, a seguir, encontra-se transcrito o trecho da narrativa resultante do diário da primeira aula do ano letivo.

*“ [...] Quando estava passando no quadro as palavras sobre mecânica eles (os alunos) comentaram: - Carro tem vários.*

*Li com eles as palavras e com nosso diálogo perceberam que todas aquelas tinham o movimento em comum.*

*[...] (Diário aula 1)”*

De acordo com o trecho do diário que produzi, os próprios alunos perceberam que o termo carro e automóvel se fez presente na maioria das respostas. Da mesma forma, o diário demonstra que, ao analisar as respostas de todos, destacou-se como uma característica comum o movimento.

Esse aspecto demonstra que atividades como essas características desenvolvem uma interpretação coletiva, onde, ao ver as respostas dos colegas e comparar com as suas, os alunos são capazes de observar semelhanças.

### 5.1.2 Segunda atividade

A terceira aula do planejamento didático buscou mostrar aos alunos através de um texto<sup>23</sup> que o simples ato de olharmos para o relógio, ver as horas e marcar compromissos não fora algo trivial no início do século XIX.

Após a leitura do texto, disponível nos anexos, os alunos responderam a três questões, conforme expostas a seguir, que buscaram inicialmente chamá-los para o assunto do texto, ou seja, como atualmente é possível conferir as horas com exatidão. Na sequência, os mesmos foram solicitados a destacar os acontecimentos históricos do texto.

**Questão 1** – Que horas são?

**Questão 2** – Como se pode saber que realmente é essa hora?

**Questão 3** – No texto algumas datas ou acontecimentos históricos são citados. Tente destacar ao menos três destes acontecimentos ou fatos que considere relevante.

As respostas dos alunos a esta atividade estão transcritas na sequência e, como na primeira atividade, para manter o anonimato dos alunos, os mesmos são identificados por números, com numeração que se manterá até o final da análise.

Como o texto aborda historicamente o processo de sincronização de relógios, as respostas serão analisadas do ponto de vista da simultaneidade.

- Aluno 1

**Questão 1** – *10 horas e 43 minutos.*

**Questão 2** – *Por causa da sincronia dos relógios.*

---

<sup>23</sup> Os relógios de Einstein - O lugar do tempo, disponível em Revista Ciência & Ambiente – Einstein, 2005.

**Questão 3** – *A revolução dos relógios em 1º de agosto de 1890, a inauguração da rede de tempo urbana de Berna em 1890, o trabalho de Einstein em 1905.*

- Aluno 2

**Questão 1** – 10:43

**Questão 2** – *Por causa do relógio da Maria*<sup>\*24</sup>

**Questão 3** - [...] <sup>25</sup> relógios começaram a funcionar simultaneamente em 1890.

- *A rede de tempo urbana de Berna foi inaugurada em 1890.*

- *Quando, em 1º de agosto de 1890, Berna acertou os ponteiros dos seus relógios de maneira coordenada, [...].*

- Aluno 3

**Questão 1** – 10:43

**Questão 2** – *Por causa do relógio.*

**Questão 3** – [...] *foi o local onde um dos primeiros desses sistemas de tempo distribuídos eletronicamente existiu, seguido de Frankfurt em 1859;*

- [...] *Palácio Federal em Berna, onde cem relógios começaram a funcionar simultaneamente em 1890.*

- [...] *1830, a hora em Londres andava à frente de Reading por quatro minutos, marchava adiante em Cirencester por sete minutos e trinta segundos, e soava quatorze minutos antes em Bridgewater.*

---

24 Nome fictício, dado pela autora, para não mencionar o nome do colega.

25 Os Aluno 2, 3,4, 6 e 7 destacaram as frases no próprio texto.

- Aluno 4

**Questão 1** – 10:43

**Questão 2** – *Por causa do relógio da Maria\**.

**Questão 3** – [...] relógios começaram a funcionar simultaneamente em 1890.

- A rede urbana de Berna foi inaugurada em 1890;

- Quando, em 1º de agosto de 1890, Berna acertou os ponteiros dos seus relógios de maneira coordenada, a imprensa [...]

- Aluno 5

**Questão 1** – *Painosso e depois Ave Maria*

**Questão 2** – *A rede urbana 1890 e o relógio mestre.*

**Questão 3** – O aluno não destacou nenhum acontecimento ou fato.

- Aluno 6

**Questão 1** – 10:43 h

**Questão 2** – *Por causa do relógio*

**Questão 3** – *Na Inglaterra, durante a década de 1830, a hora em Londres andava à frente de Reading por quatro minutos, marchava adiante de Cirencester por sete [...]*

- [...] em 1890; melhorias, expansões e novas redes surgiram por toda a Suíça.

- Quando, em 1º de agosto de 1890, Berna acertou os ponteiros dos seus relógios de maneira coordenada, a imprensa saudou o fato como uma “revolução dos relógios”.

- Aluno 7

**Questão 1** – São 10 h e 43 min.

**Questão 2** – *Pelo relógio*

**Questão 3** – [...] 1830, a hora em Londres andava à frente de Reading

- *A rede de tempo urbana de Berna foi inaugurada em 1890;*  
- *[...] em 1º de agosto de 1890, Berna acertou os ponteiros dos seus relógios [...]*

- Análise das respostas

Da análise das respostas dos alunos, pode-se destacar que o Aluno 1 mencionou de forma explícita que se pode afirmar que a hora era 10 horas e 43 minutos, pois sabia que os relógios estão sincronizados. Ao comparar seus argumentos com os fatos destacados, percebe-se que este mencionou a Revolução dos Relógios, onde no texto é apresentado como a data na qual a cidade de Berna acertou os ponteiros dos seus relógios de maneira ordenada. Logo, infere-se que o aluno se utilizou dos dados históricos presentes no texto para justificar suas respostas.

Já o Aluno 2 justificou ser o horário 10:43, pois essa era a hora marcada no relógio de sua colega. De forma indireta, pode-se estabelecer que o aluno considerou ser esta a hora correta, tendo em vista que os relógios estão sincronizados. Essa hipótese pode ser corroborada por meio dos fatos e aspectos destacados no texto pelo Aluno 2, são eles: *[...] relógios começaram a funcionar simultaneamente em 1890. A rede de tempo urbana de Berna foi inaugurada em 1890. Quando, em 1º de agosto de 1890, Berna acertou os ponteiros dos seus relógios de maneira ordenada, [...]*. Tendo em vista que este mencionou três trechos do texto que se referiam à busca da sincronização dos relógios no século XIX.

O aluno 3 afirma ser 10:43, pois esse é o horário marcado no relógio e, para justificar a afirmação, os trechos destacados por ele mostram tanto fatos relacionados com a não sincronização dos relógios em 1830, como um exemplar posterior, onde em 1890 cem relógios passaram a funcionar simultaneamente. A interpretação de que o aluno se baseou nos trechos do texto que mostram que o contraexemplo (3º destaque) foi anterior à sincronização, e então na atualidade não haveria razão para não estar sincronizado seu relógio, pode justificar a afirmação em relação ao horário.

---

26 Os Aluno 2, 3, 4, 6 e 7 destacaram as frases no próprio texto.

As semelhanças das respostas do Aluno 4 com o Aluno 2 permitem as mesmas interpretações, pois todos os trechos destacados evidenciam a busca pela sincronização dos relógios.

Como o Aluno 5 não destacou os aspectos do texto, como o solicitado, assim não é possível buscar relações entre suas justificativas e o texto.

O Aluno 6 afirma que a hora está correta, pois esta é a fornecida por seu relógio. Neste sentido, os fatos por ele destacados mostram cronologicamente a busca pela sincronização, desde as diferenças nos relógios da Inglaterra até a sincronização, citada no texto como “Revolução dos Relógios”. Tal linearidade nos fatos destacados pode justificar a postura de certeza quanto à sincronização na atualidade.

Assim como o Aluno 6, o Aluno 7 mostra uma sequência temporal nos fatos destacados. Característica esta que pode justificar sua afirmação em relação à certeza da hora.

De modo geral, destaca-se que grande parte das respostas mostraram relação com os aspectos históricos destacados no texto, ou seja, as justificativas, às vezes de modo implícito em relação a sincronização atual dos relógios, mostraram-se evidentes nos trechos destacados no texto, onde todos os alunos evidenciaram o processo histórico de sincronização dos relógios, destacando os mesmos eventos ou muito próximos.

Na sequência, encontra-se transcrita a narrativa que produzi na aula, quando a segunda atividade foi desenvolvida com os alunos.

*“[...] Inicialmente lemos o texto Os relógios de Einstein, os alunos não demonstraram muito interesse pelo mesmo. Após a leitura do texto solicitei que destacassem os fatos históricos apresentados no texto. [...] (diário aula 3).”*

Do trecho da narrativa que foi transcrito, pode-se observar que avaliei a atividade como não motivante para os alunos. Do ponto de vista que as narrativas podem trazer elementos para a prática reflexiva do professor, esse aspecto pode dar

indícios para possíveis reformulações quanto à abordagem histórico-filosófica em sala de aula.

Em relação ao aspecto reflexivo que os diários de aula desenvolvem nos professores que o praticam, vamos analisar o diário que elaborei para a sétima aula.

Antes de transcrever trechos do diário, vale destacar que a aula de número sete iniciou os estudos relacionados à dinâmica e, para a introdução do conceito de força, foi realizado o estudo das concepções de movimento de Aristóteles e Galileu, ou seja, foi realizado um enfoque histórico-filosófico. Da mesma forma, a terceira aula forneceu os registros para segunda atividade, sendo esses os registros que estão sendo analisados.

*“[...] Esta foi a aula que mais me dediquei, me preparei e também mais aprendi.*

*Quando o slide tinha o título, Filosofando com a Física, uma aluna logo falou: - Deve ser Aristóteles, sempre é ele. E no primeiro slide ela verificou que estava certa.*

*Eu sei que o brilho nos olhos não avalia a aprendizagem, mas eles (os alunos) realmente pareciam entender as explicações, para a minha surpresa, pois pensava que achariam a filosofia monótona, já que gostaram tanto de medir e pesquisar.*

*Enfim foi um pré-conceito que fiz e concluí que foi uma das formas mais claras de explicar o conceito de força, pois eles viram que ao longo do desenvolvimento científico e na busca em descrever os movimentos os cientistas precisaram deste conceito [...] (Diário aula 7)”.*

Ao analisar o trecho de meu diário para a sétima aula que teve o mesmo enfoque que da terceira aula, na qual os alunos leram o texto e destacaram fatos históricos, pude perceber que não foi o enfoque dado na terceira aula que não os interessou, mas, sim, a forma que conduzi a atividade e até mesmo como elaborei as perguntas sobre o texto. Não foram perguntas instigantes ou problematizadoras. No entanto, na aula onde a apresentação de fatos históricos e filosóficos ocorreu na

forma de *slides*, onde a visualização de imagens enriquece as explicações e permite um maior diálogo sobre o assunto, foi visível a maior motivação.

### 5.1.3. Terceira atividade

Ainda na terceira aula, após a leitura do texto, foi realizada uma atividade experimental para determinar o tempo de reação dos alunos para segurar uma régua de 30 centímetros que era solta inesperadamente pelo seu colega. Todos os alunos tiveram dez anotações para seus tempos de reação.

A Figura 4, a seguir, mostra as medidas do grupo que utilizou o Procedimento 2 e os respectivos métodos para a determinação do tempo médio.

Procedimento 2		
Medidas	Altura da régua ( )	Tempo de reação ( )
1º	79 cm	
2º	79 cm	
3º	9 cm	
4º	76 cm	
5º	72 cm	
6º	77 cm	
7º	72 cm	
8º	70,8 cm	
9º	70 cm	
10º	8,5 cm	
Média	13,43	

$$2h = g \cdot t^2$$

$$t^2 = \frac{2h}{g}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{0,2686}{9,8}}$$

$$t = \sqrt{0,027}$$

$$t = 0,165$$

Figura 4 - Medidas do grupo que utilizou o Procedimento 2

Na Figura 5, seguinte, têm-se as medidas obtidas por um dos integrantes que cronometrou o tempo de reação e a respectiva operação matemática que objetivou isolar o tempo na equação por mim em sala de aula.

Procedimento 1	
Medidas	Tempo de reação ( )
1º	0,59
2º	0,45
3º	0,56
4º	0,36
5º	0,45
6º	0,41
7º	0,60
8º	0,47
9º	0,48
10º	0,79
Média	$5,76/10 = 0,576 = 0,58$

$$t^2 = \frac{g \cdot h}{2}$$

Figura 5 - Medidas do grupo que utilizou o Procedimento 1

Ao observar os dados obtidos por um aluno que realizou o Procedimento 1, pode-se apontar que esses dados apresentam valores sem variações exageradas. Além disso, nota-se que o aluno utilizou os conceitos de algarismos significativos que haviam sido abordados em aula anterior, bem como se utilizou dos processos de arredondamento que, por sua vez, também foram objeto de estudo. Observa-se que, para o procedimento de isolar o tempo na equação fornecida, as variáveis tempo e altura foram somente trocadas de lugar, sem realizar as operações matemáticas.

Na sequência, encontra-se transcrita a narrativa referente à parte experimental da terceira aula do planejamento didático.

“[...]”

*Distribuí as réguas e expliquei os procedimentos, todos os alunos se envolveram. Dois grupos escolheram utilizar cronômetro e o outro mediu a altura que o colega segurou a régua, para depois utilizar a equação para calcular o tempo de reação. Antes de fazer as medidas os alunos fizeram testes e então começaram as medidas, pelo que notei um dos cronômetros era mais preciso. Após terem feito as medidas foram calculadas as médias.*

*[...] (Diário aula 3).”*

Da análise da narrativa apresentada anteriormente, os aspectos destacados apontam que a atividade experimental envolveu notavelmente os alunos. Além disso, ao analisar os dados obtidos, o grupo que escolheu o procedimento 2, onde foi necessário inicialmente medir a altura para depois determinar o tempo de reação, foi justamente aquele que demonstrou maior facilidade em utilizar as ferramentas matemáticas para a realização da atividade.

#### 5.1.4 Quarta atividade

Ainda na terceira aula do planejamento didático foi realizado um enfoque tecnológico da atividade experimental realizada. O enfoque se deu por meio da elaboração do gráfico na planilha eletrônica Excel, ou seja, a abordagem tecnológica nesse caso se efetivou com a utilização das ferramentas tecnológicas em sala de aula.

Na sequência, estão apresentados os gráficos elaborados pelos alunos. Esses gráficos serão identificados por números, cuja numeração se manterá a mesma até o final da análise das respostas das atividades realizadas em aula.

- Aluno 1:

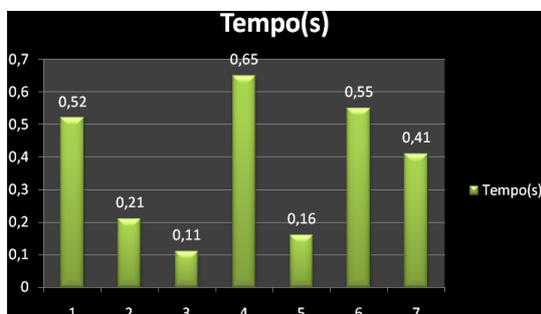


Figura 6 – Gráfico do aluno 1 para a quarta atividade

- Aluno 2:

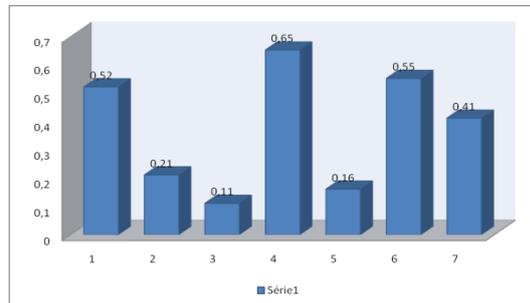


Figura 7 – Gráfico do aluno 2 para a quarta atividade

- Aluno 3:

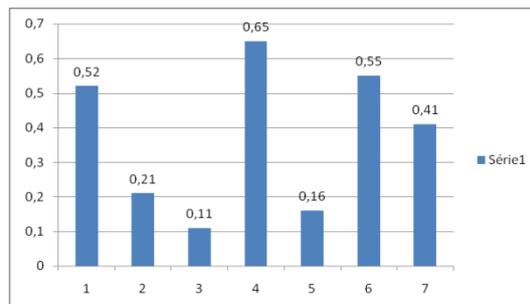


Figura 8 – Gráfico do aluno 3 para a quarta atividade

- Aluno 4:

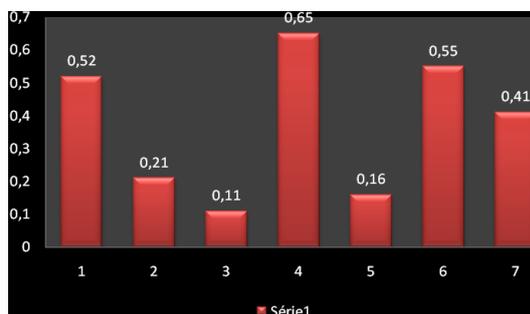


Figura 9 – Gráfico do aluno 4 para a quarta atividade

- Aluno 5:

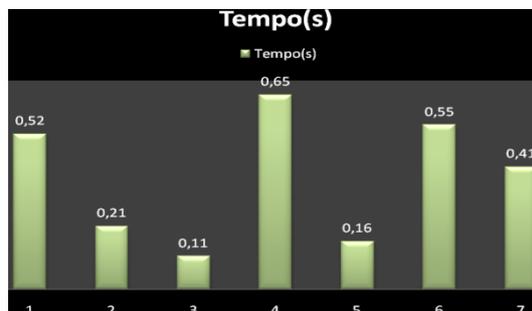


Figura 10 – Gráfico do aluno 5 para a quarta atividade

- Aluno 6:

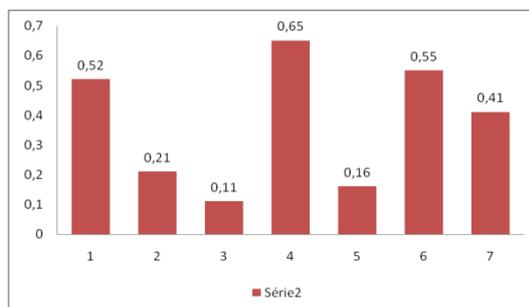


Figura 11 – Gráfico do aluno 6 para a quarta atividade

- Aluno 7:

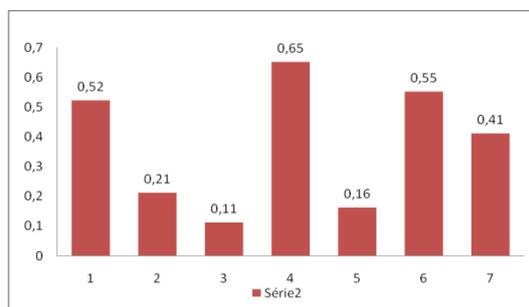


Figura 12 – Gráfico do aluno 7 para a quarta atividade

- Análise dos gráficos

A escolha do modelo de gráfico de barras foi unânime, provavelmente por demonstrar de forma clara a proporção entre os dados obtidos para cada aluno. Dos gráficos construídos, observa-se que, dos sete gráficos, dois foram nomeados e receberam identificação de que a série de dados se tratava dos tempos obtidos experimentalmente. No entanto, neste momento da implementação não foram nomeados os eixos dos gráficos, provavelmente pela iniciação ao uso da planilha eletrônica.

Na sequência, encontra-se transcrita a narrativa que está relacionada com a quarta atividade desenvolvida em aula.

*“[...] Quando todos acabaram as médias fomos ao laboratório de informática para fazermos o gráfico no Excel. Todos os alunos tinham os dados de todos. O aluno que menos participava em 2012 foi o que mais participou nesta atividade, inclusive ajudando os colegas. Muitos destacaram que não lembravam como utilizar o Excel ou ainda que não sabiam utilizá-lo.*

*[...] (Diário aula 3).”*

Da narrativa, pode-se novamente perceber a característica da mesma em relação à sua contribuição para reflexão sobre a prática docente, pois nota-se que alunos que anteriormente não participavam se se mostraram solícitos aos colegas, evidenciando, assim, que o enfoque tecnológico, realizado através da utilização de ferramentas tecnológicas, favorece a aproximação entre colegas que têm facilidade com os recursos tecnológicos com os colegas que não dominam as ferramentas computacionais com semelhante destreza. Esse fato se confirma no trecho da narrativa que aponta que alguns alunos ainda não sabiam utilizar a planilha eletrônica Excel.

### 5.1.5. Quinta Atividade

A quarta aula do planejamento didático buscou abordar o conceito de velocidade sob um enfoque social, pois procurou desenvolver nos estudantes a educação para o trânsito, em relação aos limites de velocidade. Destaca-se que as aulas relacionadas à cinemática, que envolvem educação para o trânsito, foram estruturadas com base no levantamento inicial que identificou que 100% dos alunos da turma relacionavam o tema mecânica com automóveis. Sendo assim, como a abordagem defendida no presente estudo, ao desenvolver a dimensão humanista do conhecimento preconiza o enfoque social, optou-se por aliar o assunto mais mencionado pelos alunos com uma questão social, a educação no trânsito.

Como a quinta aula do planejamento didático abordou, entre outros aspectos sociais, os limites de velocidade em rodovias e vias públicas, aproximadamente um mês e meio após a aula, os alunos individualmente responderam o seguinte problema:

- Uma família sai de uma cidade às 7h e chegam à praia às 10h e 30min. Considerando que o motorista do veículo não ultrapassou a velocidade máxima da rodovia, determine a distância entre a cidade e a praia.

Nesse problema os alunos não tinham o valor da velocidade média estabelecida durante a viagem, mas possuíam a informação de que o motorista não ultrapassou o limite permitido. Dessa forma, na sequência, apresentam-se dois exemplos de resolução desse problema.

- Aluno 1

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad 80 = \frac{\Delta x}{3,30} \quad 264 \text{ km} = \Delta x \quad \text{Considerando que a velocidade máxima é } 80 \text{ km/h}$$
$$280 \text{ km} = d$$

Figura 13 – Resposta do aluno 1 para a quinta atividade

- Aluno 2

Handwritten work showing calculations for distance (D) based on speed (v) and time (t). The student uses  $v = 80 \text{ km/h}$  and  $t = 1 \text{ h} - 30 \text{ m} = 0,5 \text{ h}$ . The calculation is  $D = 80 \cdot 0,5 = 40 \text{ km}$ . There is a correction where the student writes  $4,5 \text{ h}$  and recalculates  $D = \frac{80}{4,5} = 17,7 \text{ km}$ .

Figura 14 – Resposta do aluno 2 para a quinta atividade

Das resoluções mencionadas anteriormente, destaca-se que ambos os alunos adotaram a velocidade máxima dentro do limite estabelecido nas leis de trânsito, ou seja, 80 km/h para rodovias, mostrando que os mesmos aplicaram as estratégias de estabelecimento de hipóteses como as que foram realizadas em aula, e inclusive adotaram os mesmos valores que foram pesquisados em aula.

Especificamente em relação ao Aluno 1, observa-se que o mesmo considerou o intervalo de tempo como 3,3 horas. Já o Aluno 2 demonstrou o cálculo de conversão das unidades de minutos para hora corretamente, mas considerou uma hora a mais no intervalo de tempo.

Na sequência, encontra-se transcrito o trecho da narrativa do diário que desenvolvi para a aula com a referida abordagem.

*“[...] No problema para calcular o tempo de ida a Porto Alegre, não tínhamos nem o limite de velocidade nem a distância entre a cidade e Porto Alegre. Inicialmente ocorreram comentários do tipo: - Como vamos saber se não tem no enunciado. Então eu dizia: - Vamos pesquisar então. Até que alguém lembrou: - Vamos pesquisar no Google. Então, uma aluna foi fazer a pesquisa no Google Mapas, encontrou a velocidade e logo ao lado tinha uma estimativa de tempo que eu não tinha percebido ao planejar a aula. Logo um aluno afirmou: - Mas já tem ali! Então, me restou a resposta: - Vamos testar se Google sabe física. Confesso que fiquei com medo do valor ser diferente demais, mas não. Apenas 4 minutos de diferença, e o melhor é que eles mesmos fizeram hipóteses como: - Professora, quem sabe a distância é até o centro.*”

*No outro problema, tínhamos somente o tempo que um motorista levou para percorrer a rua ao lado da escola e os alunos tinham que responder se esse motorista estava infringindo a lei de trânsito. As dúvidas foram: - Qual a velocidade máxima na cidade? Qual o comprimento de quadra? A velocidade máxima foi logo encontrada na internet, mas e o comprimento da rua? No Google não tinha.*

*Em minha opinião essa foi a melhor parte da aula, pois uma aluna comentou: - E aí professora, vamos medir então? Quando mostrei a trena ela e os colegas pareciam não acreditar e me perguntaram: Sério mesmo?*

*Fomos medir e encontramos 101,10 metros e calculamos uma velocidade de, aproximadamente, 18,2 km/h, logo todos viram que o motorista estava dentro da lei.*

*Quando estávamos medindo a quadra os alunos comentaram: - Que legal. Além disso, chegaram a dizer: - Assim que tem que ser as aulas.*

*Em suma, saí da aula muito feliz com o resultado, todos participaram e demonstraram entender a física envolvida (Diário aula 5).”*

Da análise da narrativa se destaca o seguinte trecho: “*Como vamos saber se não tem no enunciado*”, pois o mesmo demonstra que os alunos não estavam acostumados com problemas que não trazem em seus enunciados todos os dados para a resolução. A partir da sequência apresentada na narrativa, nota-se que estratégias para a resolução foram desenvolvidas, como, por exemplo, as pesquisas na internet. Essa pesquisa evidenciou na narrativa alguns condicionantes intrínsecos da prática docente diária, como o trecho “[...] *eu não tinha percebido ao planejar a aula*”. Essa fala demonstra que, mesmo planejando com antecedência e testando as possibilidades apresentadas pelos alunos, algumas situações novas podem surgir e cabe ao professor traçar caminhos para contornar tais circunstâncias. Na narrativa, esses caminhos se voltaram para a verificação do dado apresentado na pesquisa e, inclusive, demonstraram pequenas angústias que também fazem parte da rotina de sala de aula. Tal constatação aparece no trecho: “*Fiquei com medo do valor ser diferente demais*”. Nesse trecho surgiu minha insegurança em relação ao valor que seria calculado e o valor obtido na pesquisa realizada pelos alunos. Insegurança esta que se desfez ao ser verificado que os valores ficaram próximos e pelo fato de que os próprios alunos, de forma

espontânea, estabeleceram hipóteses para justificar tal diferença, como no trecho “[...] *quem sabe a distância é até o centro*”. É notório que neste momento os alunos já foram capazes de fazer suposições, diferentemente do início da narrativa, onde os mesmos buscavam obter os dados de forma direta.

O segundo problema descrito na narrativa demonstra que os alunos buscaram formas de obter dados que não estavam no enunciado do problema, como, por exemplo, a velocidade máxima permitida em vias urbanas. Além disso, quando a busca na internet não foi possível, estabeleceram outras formas de obter tais dados. Estas outras formas estão presentes no trecho “[...] *vamos medir então?*”. Além do mais, os alunos ainda demonstram entusiasmo ao notar que essa sugestão foi perfeitamente possível, pois eu possuía uma trena para realizar tal medida.

Ao comparar a resolução da atividade com a narrativa que produzi, pode-se observar que em sala de aula os alunos desenvolveram estratégias de resolução de problemas abertos e aplicaram os dados que já haviam pesquisado na resolução da atividade proposta individualmente. O enunciado da quinta atividade, em um primeiro momento, pode parecer superficial, mas é justamente para que os alunos estabeleçam suas hipóteses. Ao resolver a atividade, os alunos consideraram o limite de velocidade máxima estabelecida por lei para a rodovia, como sendo a velocidade média para assim estimar a distância entre a cidade e a praia.

Na quinta e na sexta aula do planejamento didático também foi considerada a educação para o trânsito em sua estruturação. Sendo assim, para complementar a análise dos registros referentes à quinta atividade, na sequência, encontra-se transcrito o trecho do diário que desenvolvi para a sexta aula.

*“[...] No sábado tínhamos uma tempo com os pais para uma conversa sobre comportamento e a aprendizagem dos alunos até o momento. Nessa conversa, uma mãe comentou que sua filha chega em casa comentando das aulas com euforia e que descreveu que calculamos o tempo de ida a Porto Alegre. Ao contar do cálculo, alguém de sua família lhe afirmou que o tempo era menor e então sua explicação foi enfática: - Em aula calculamos respeitando o limite de velocidade da rodovia. Achei perfeito, pois o papel social da aula foi assimilado e aplicado.*”

*Outros pais e irmãos ao me encontrarem na rua comentam que os alunos estão gostando das aulas.*

*Na quarta-feira anterior, foi a palestra com o Centro de Formação de Condutores (CFC) para os alunos do ensino médio. Os alunos do primeiro ano questionaram bastante e comentaram ser interessante o assunto (Diário aula 6).”*

O diário transcrito complementa a atividade analisada, pois demonstra que os conceitos estudados saíram dos limites da sala de aula, tendo em vista que os pais e familiares me contaram os comentários dos alunos sobre as aulas de forma espontânea. Esse fato demonstra que o enfoque social motivou a aprendizagem e fez com que os alunos interpretassem situações cotidianas a partir do conhecimento em sala de aula.

Outro aspecto que mencionei no diário diz respeito à palestra ministrada por professores do Centro de Formação de Condutores. A ideia da palestra surgiu do interesse dos alunos pelo assunto e pela necessidade de um maior formalismo em relação às leis de trânsito.

#### 5.1.6. Sexta atividade

A décima segunda e a décima terceira aula do planejamento didático contemplaram o desenvolvimento da dimensão investigativa do conhecimento sob os enfoques experimental e tecnológico.

O enfoque experimental foi realizado no estudo da força elástica, onde os alunos divididos em grupos realizaram medidas em um aparato composto por uma mola, um suporte graduado e corpos com massas aferidas que foram suspensos na mola. Antes da realização das medidas, os alunos responderam em grupo quatro questões que estimularam a reflexão sobre o experimento. Da mesma forma, após a realização das medidas experimentais foram respondidas duas questões com base no gráfico elaborado.

O enfoque tecnológico se deu pela aplicação das ferramentas tecnológicas que permitiram a elaboração do gráfico da Força *versus* alongação.

Na sequência, estão apresentadas as respostas às questões e os gráficos elaborados pelos grupos. Os grupos foram identificados por números, cuja numeração se manterá a mesma até o final da análise das respostas das atividades realizadas em aula.

- Grupo 1

**Questão 1** - Quais forças atuam na mola? (Despreze a massa da mesma)

*Força que o suporte faz na mola, força que o corpo faz na mola.*

**Questão 2** – Quais forças atuam no corpo suspenso?

*Força peso, força elástica.*

**Questão 3** – Identifique quais forças são de contato e quais forças são de campo.

*Força de contato: força do suporte sobre a mola, do corpo sobre a mola, força elástica.*

*Força de campo: Força peso*

**Questão 4** – Que força alonga (estica) a mola?

*Força que o corpo faz na mola = P*

### Medidas

massa (Kg)	Força (N)	x (m)
10 g = 0,001 Kg	$P = 0,001 \cdot 9,81 = 0,00981 \text{ N}$	6 cm = 0,06
20 g = 0,002 Kg	$P = 0,002 \cdot 9,81 = 0,01962 \text{ N}$	6,7 cm = 0,067
30 g = 0,003 Kg	$P = 0,003 \cdot 9,81 = 0,02943 \text{ N}$	7,6 cm = 0,076
40 g = 0,004 Kg	$P = 0,004 \cdot 9,81 = 0,03924 \text{ N}$	8,4 cm = 0,084
50 g = 0,005 Kg	$P = 0,005 \cdot 9,81 = 0,04905 \text{ N}$	9,2 cm = 0,092

Figura 15 – Medidas do grupo 1 para a sexta atividade

## Gráfico

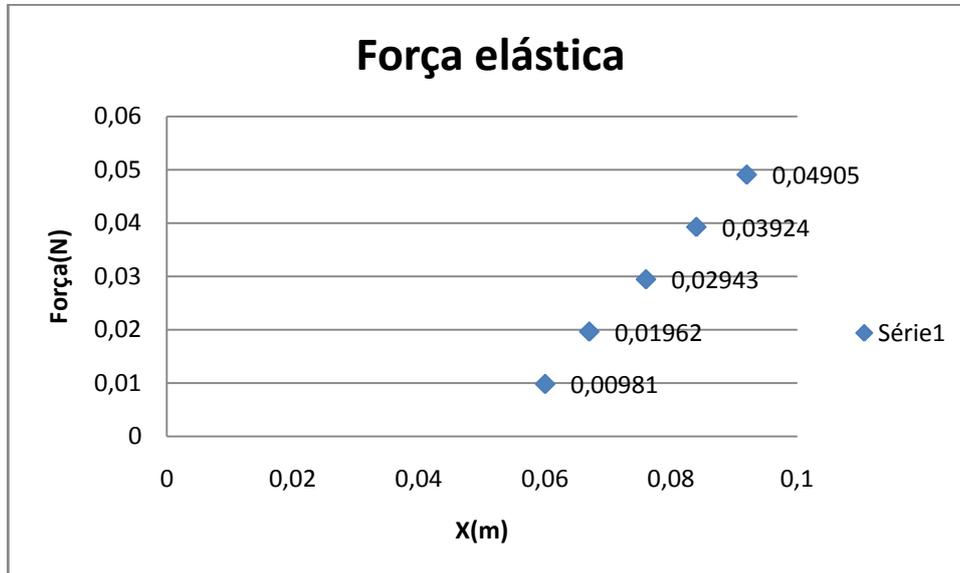


Figura 16 – Gráfico do grupo 1 para a sexta atividade

**Questão 5** – Que tipo de função representa o gráfico encontrado?

*Função afim, pois o gráfico é uma reta.*

**Questão 6** – Com os dados do experimento e a análise gráfica, qual relação que se pode estabelecer entre força e alongação?

*Quanto maior a força, maior a alongação.*

- Grupo 2

**Questão 1** - Quais forças atuam na mola? (Despreze a massa da mesma)

*Força dos corpos e do suporte.*

**Questão 2** – Quais forças atuam no corpo suspenso?

*Força peso e força elástica.*

**Questão 3** – Identifique quais forças são de contato e quais forças são de campo.

*Em branco*

**Questão 4** – Que força alonga (estica) a mola?

*Força dos corpos = Peso*

### Medidas

massa ( g )	Força (N)	x ( ) / l
6 = 0,006	0,0586	0,3 cm = 0,003
12 = 0,012	0,11772	1,3 cm 0,013
18 = 0,018	0,17658	3,1 cm 0,031
24 = 0,024	0,23544	4,7 cm 0,047

Figura 17 – Medidas do grupo 2 para a sexta atividade

### Gráfico

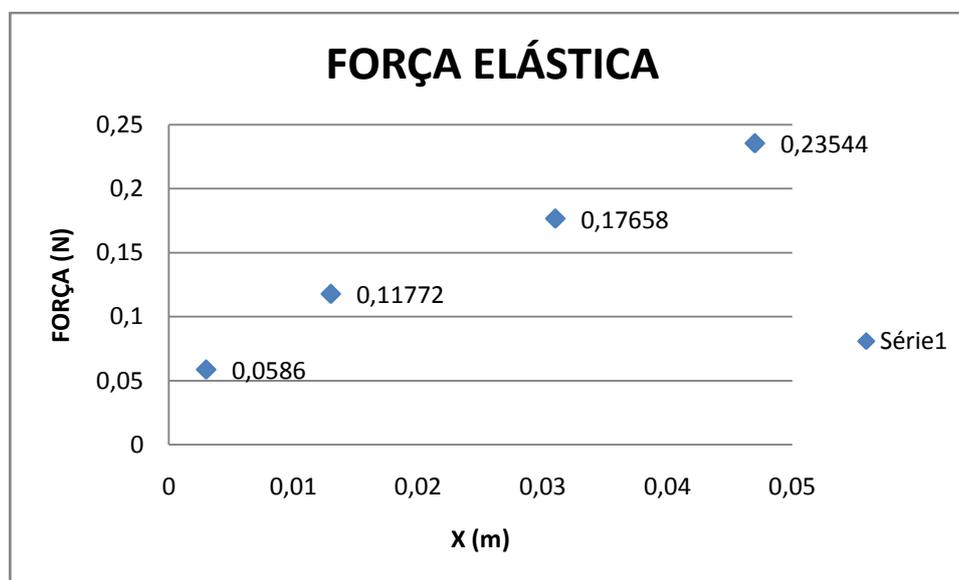


Figura 18 – Gráfico do grupo 2 para a sexta atividade

**Questão 5** – Que tipo de função representa o gráfico encontrado?

*Reta*

**Questão 6** – Com os dados do experimento e a análise gráfica, qual relação que se pode estabelecer entre força e alongação?

*Quanto maior a força maior o  $x$*

- Análise das respostas, medidas e gráficos dos grupos

Ao analisar as respostas do Grupo 1 para as quatro primeiras questões, observa-se que estas estão de acordo com os conceitos estudados, ou seja, foram identificadas as forças que atuam na mola e no corpo suspenso. Cabe destacar que, no momento que realizaram o experimento, os alunos não haviam estudado a força elástica, mas como tiveram acesso ao material didático de apoio nomearam a força que a mola faz no corpo suspenso como força elástica, nomenclatura que é usual em livros de Física.

Além disso, o Grupo 1 diferenciou corretamente as forças de contato e de campo. Nesse caso, foi um conteúdo que já haviam estudado em aula. Da mesma forma, como já realizaram o estudo da força peso e da terceira lei de Newton, o grupo identificou a força que alonga a mola como tendo módulo igual ao peso do corpo suspenso.

Em relação às medidas realizadas pelo Grupo 1, a Tabela demonstra que esse grupo não converteu corretamente a unidade de massa dos corpos suspensos. Na coluna correspondente à alongação foi anotado comprimento total da mola e não o quanto esta esticou em relação à situação em que não havia nenhum corpo suspenso. Cabe destacar que essa orientação foi dada ao grupo, que inclusive anotou na Tabela a medida do comprimento da mola sem os corpos de massa aferida suspensos. No entanto, ao elaborar o gráfico, o grupo esqueceu de calcular o quanto a mola alongou em relação à situação inicial para cada força aplicada nessa.

Mesmo com o erro na conversão da unidade de massa e na determinação dos valores da alongação, o gráfico elaborado pelo Grupo 1 apresenta a proporção esperada entre a força elástica e a alongação da mola. Por esse motivo o grupo conseguiu responder às questões 5 e 6, identificando a função matemática

associada ao gráfico obtido e estabelecendo a relação diretamente proporcional entre o módulo da força elástica e o valor da elongação da mola.

As respostas do Grupo 2 para as duas questões iniciais demonstram estar em acordo com os conceitos estudados, ou seja, foram identificadas as forças que atuam na mola e no corpo suspenso e, assim como o Grupo 1, devido o acesso ao material didático de apoio, também nomearam a força que a mola faz no corpo suspenso como força elástica, nomenclatura usual dos livros de Física.

O Grupo 2 deixou em branco a terceira questão referente às forças de contato e de campo, mesmo se tratando de um conteúdo que já haviam estudado em aula. No entanto, para a quarta questão, como já realizaram o estudo da força peso e da terceira lei de Newton, o grupo identificou a força que alonga a mola como tendo módulo igual ao peso do corpo suspenso.

Em relação às medidas realizadas pelo Grupo 2, observa-se que realizaram as conversões corretamente para as unidades do Sistema Internacional. Da mesma forma, determinaram a elongação da mola para os diferentes corpos suspensos.

O gráfico elaborado pelo Grupo 2 apresenta a proporção esperada entre a força elástica e a elongação da mola. No entanto, mesmo reconhecendo o gráfico como sendo uma reta, o grupo não identificou a função matemática que o representava. Sobre a questão 6, o grupo demonstrou que estabeleceu a relação proporcional entre o módulo da força elástica e o valor da elongação da mola.

Para uma melhor interpretação dos resultados da sexta atividade, na sequência transcrevo o trecho dos diários que elaborei para as aulas 12 e 13 do planejamento didático estruturado.

*“[...] Primeiramente montei os suportes com as molas e pedi que fizessem dois grupos. Expliquei alguns procedimentos, como por exemplo, como determinar a elongação e qual a massa de cada corpo.*

*Então entreguei uma folha com as questões para que respondessem em grupo. Foi uma ótima estratégia, pois discutiram muito nos grupos e quando não chegavam a um consenso me chamavam e então eu os questionava mais para que juntos chegassem a uma conclusão [...]” (Diário aula 12).*

*“[...] Na sequência fomos ao laboratório de informática, pois os alunos deveriam elaborar os gráficos de F versus x.*

*Foi uma experiência muito boa, pois os alunos novos não tinham usado o Excel para fazer gráficos e os alunos que estavam desde o início do ano os ajudaram [...] (Diário aula 13) .*

Ao comparar os resultados dos grupos com o trecho do diário de aula que produzi, percebe-se que a medida da elongação da mola foi algo explicado inicialmente. Assim, conclui-se que o grupo 1 esqueceu de calcular a elongação antes de elaborar o gráfico.

Outro ponto a ser destacado diz respeito à realização do trabalho em grupo, que, conforme demonstro no diário, estimulou o debate entre os integrantes. Além disso, o trecho do diário da aula 13 mostra que houve cooperação entre os alunos que já haviam utilizado a planilha eletrônica Excel e os alunos que ingressaram ao longo do ano e que não realizaram as primeiras atividades com esta ferramenta.

O ingresso de alunos novos ao longo do ano letivo, assim como outros fatores já mencionados, é um condicionante da prática docente. Tendo em vista que as estratégias desenvolvidas ao longo da implementação do planejamento passaram por constantes adaptações, como no caso citado anteriormente, é importante ressaltar que tais adaptações desencadearam o desenvolvimento ou o fortalecimento das relações interpessoais em sala de aula, fator de essencial nos processos de ensino de todas as disciplinas.

## **5.2 Atividades do site FISQUIM**

Com o intuito de promover a continuidade da participação dos alunos em debates relacionados às aulas e ampliar o diálogo entre alunos e professor, juntamente com a professora da disciplina de Química foi lançado o site FISQUIM<sup>27</sup>.

---

27 Disponível em [www.ufsm.br/fisquim](http://www.ufsm.br/fisquim)

O site FISQUIM buscou contemplar atividades que justapõem a Física estudada em sala de aula a situações simples e do cotidiano dos estudantes, mostrando, assim, que os conteúdos estudados fazem parte de sua realidade, como apontam os documentos oficiais para o Ensino Médio, conforme já exposto em capítulos anteriores.

### 5.2.1. Atividade 1

A primeira atividade do site FISQUIM denominada *Energia sempre comigo...*, buscou chamar os alunos para o assunto energia, colocando-os a refletir sobre como a mesma está presente em suas atividades diárias.

Nessa atividade, o texto primeiramente ressalta a importância do assunto estudado em aula e busca instigar os estudantes para a reflexão sobre a constante presença da energia no dia a dia. Assim, buscando identificar a maneira como os alunos conjecturam tais manifestações no cotidiano, foi solicitado que relatassem ao menos cinco ações realizadas ao longo de um dia que envolvessem a energia. Após esse relato, foi requerido o envio de uma imagem que, ao olhar deles, pudesse ilustrar um texto sobre energia.

Na sequência, encontram-se transcritas as respostas dos alunos à primeira atividade. Tais respostas seguem a digitação realizada no site FISQUIM. Com a finalidade de manter o anonimato dos estudantes, as respostas são identificadas por números, cuja numeração se manterá a mesma até o final da análise das respostas.

- Aluno 1

Energia elétrica, utilizada em todos os aparelhos elétricos como televisão, computador, etc.

Energia cinética, utilizada nos movimentos.

Energia luminosa, presente nas luzes.

Energia calorífica, no fogo, lâmpadas, sol.

Energia sonora, presente em aparelhos de som, alto-falantes.



Figura 19 – Imagem do aluno 1 para a atividade 1

- Aluno 2

1. Ligar o microondas
2. Me deslocar ate a escola
3. Carregar o celular
4. Me exercitar
5. Usar o chuveiro para tomar banho



Figura 20 – Imagem do aluno 2 para a atividade 1

- Aluno 3

No banho (chuveiro), quando assisto TV, a própria luz (que vem das hidrelétricas, que através da energia, se propaga em luz), quando ligo meu computador, quando coloco meu celular para carregar...



Figura 21 – Imagem do aluno 3 para a atividade 1

- Aluno 4

PROFE EU NÃO FASSO TUDO ISSO NO MEU DIA A DIA MAS MUITA GENTE FAZ ENTÃO ESTA CONTANDO

1 - ENERGIA CINÉTICA - carros em movimento, bola de futebol, volei etc... em movimento, correr, andar de bicicleta...

2 - ENERGIA POTENCIAL - Esquiar na neve, lançar arco e flecha, pregar um prego com martelo, jogo de bilhar...

3 - ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL - Manobras de skate, salto *bung jump*, pular do trampolim, jogar pedras de um barranco...

4 - ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA - Pendurar peso em uma mola e depois tirar, esticar uma mola e depois soltar, energia potencial é tudo aquilo que depois que exercida a força ela volta ao normal.

5 - ENERGIA MECANICA - trem andando pelos trilhos, montanha russa andando pelos trilhos, roldanas, liquidificador, ...

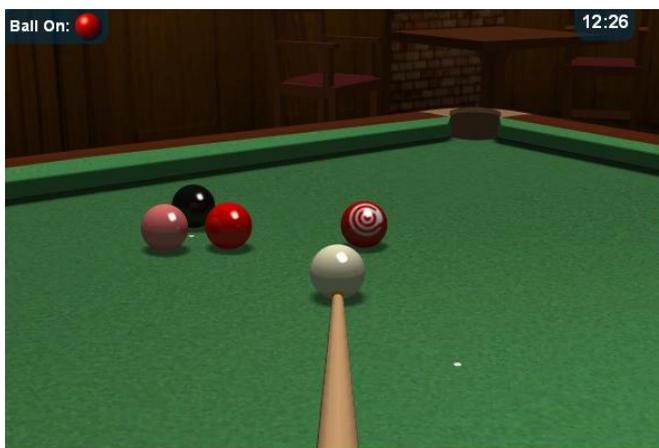


Figura 22 – Imagem do aluno 4 para a atividade 1

- Aluno 5

Esconvoando os dentes, pq ta fazendo energia pra mover a mão, botar agua no rosto, a torneira está fazendo energia para sair a agua, entre outras coisas.

caminhando para o colégio, eu recebo a energia do sol, andando eu estou fazendo energia.

estudando eu estou fazendo energia para " aprender ", " tentar " capitar as coisas que as professoras falam.

em casa no computador. pra ele ficar ligado precisa de energia. e a noite assistindo tv tbm, na hora q vou dormir, eu estou renovando as energias, descansando.



Figura 23 – Imagem do aluno 5 para a atividade 1

- Aluno 6

Sim, quando levanto tomo banho-energia elétrica ; quando abro a janela sinto a energia solar ; caminhando energia cinética; energia térmica vejo na porta se ta frio, quente.

Texto sobre energia eólica: Energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas – também denominadas aerogeradores – para a geração de eletricidade, ou de cata-ventos (e moinhos), para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água.

A energia eólica é utilizada há milhares de anos no bombeamento d'água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. A geração eólica ocorre pelo contato do vento com as pás do cata-vento. Ao girar, essas pás dão origem à energia mecânica que aciona o rotor do aerogerador, que produz a eletricidade.



Figura 24 – Imagem do aluno 6 para a atividade 1

- Aluno 7

Cinética: No movimento dos objetos

Energia elétrica: No acender uma lâmpada

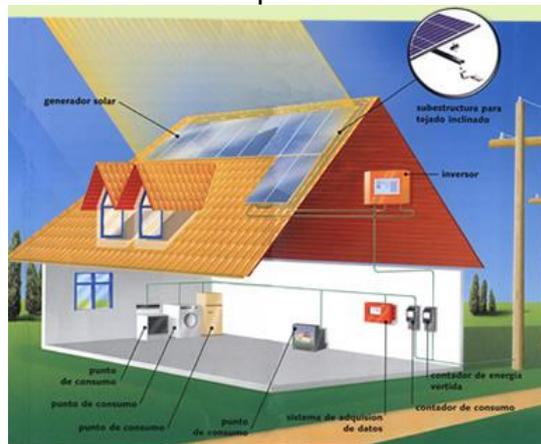


Figura 25 – Imagem do aluno 7 para a atividade 1

- Aluno 8

uso energia térmica no banho

quando ligo o computador uso energia elétrica

uso energia elétrica quando boto meu celular a carregar

uso energia cinética no futsal

uso energia potencial quando chuto uma bola



Figura 26 – Imagem do aluno 8 para a atividade 1

- Aluno 9

Energia elétrica- Para ligar o computador, assistir tv, acender a luz, ligar o rádio...

Elástica - Esticando uma mola..

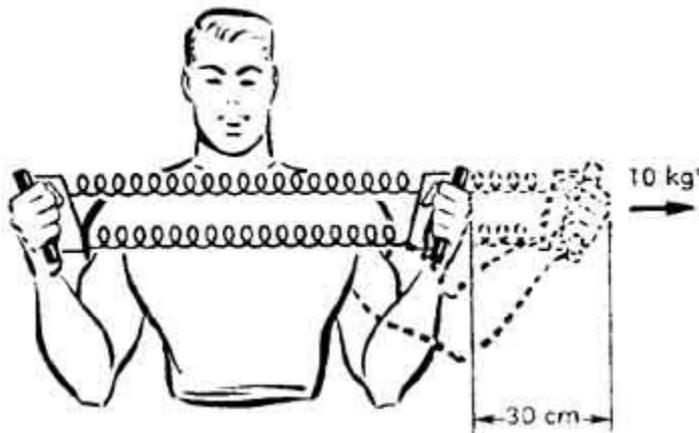


Figura 27 – Imagem do aluno 9 para a atividade 1

- Aluno 10

energia cinética - quando nos movimentamos vários processos do nosso cotidiano estão envolvidos com a energia, como a televisão, o celular, ao tomar um banho usando a energia do chuveiro.



Figura 28 – Imagem do aluno 10 para a atividade 1

- Aluno 11

ligo a luz, vou para a escola (energia do carro)



Figura 29 – Imagem do aluno 11 para a atividade 1

- Análise das respostas

Em relação às ações citadas pelos alunos, pode-se enfatizar que foram mencionadas formas de energia que não haviam sido estudadas em sala de aula,

como, por exemplo, energia calorífica e energia sonora, provavelmente obtida por pesquisas em outras fontes. Além disso, pode-se observar que alguns alunos não justificaram suas ações, ou descreveram ações que envolviam a energia, mas não se faziam presentes em suas atividades diárias, como, por exemplo, pular de *bungee jump* e arco e flecha. Observa-se também que as atividades diárias citadas frequentemente evidenciaram ações que envolvem energia elétrica.

De modo geral, ao analisar as respostas dos alunos sobre a primeira atividade do site FISQUIM, pode-se destacar que, dos onze alunos, três não justificaram as ações que citaram como envolvendo energia, e quatro identificaram menos do que as cinco ações, conforme o solicitado no enunciado da atividade.

Em relação às imagens, destaca-se que seis dos onze alunos escolheram ilustrações que se relacionam com geradores de energia elétrica, como, por exemplo, hidrelétricas, cata-ventos e painéis solares. Enfatiza-se também a presença do Sol em algumas ilustrações, aspecto esse que foi comentado em sala de aula.

A seguir, serão apresentados fragmentos do diário de aula referente à décima sétima e décima oitava aula do planejamento didático. Esses fragmentos podem ajudar a interpretar as escolhas das imagens e fornecer informações relevantes em relação à utilização do site FISQUIM.

Aula 17: “[...] *Realizamos outras discussões, como por exemplo, sobre a unidade de energia e as informações nos rótulos de alimentos e assim, retomamos o debate sobre a conservação da energia (Diário aula 17)*”.

Aula 18: “[...] *As discussões foram boas, mas poucos estão participando e confesso que o ritmo das aulas, por ser mais acelerado que o normal pode influenciar negativamente nesse sentido.*

*Para colocá-los mais a par da aula apontei para a lâmpada e perguntei: - De onde vem a energia para acendê-la? Logo muitos responderam da hidrelétrica, então os questioneei: - E a energia da hidrelétrica, de onde vem? Então um aluno*

*respondeu do Sol, assim entramos nessa discussão que se não fosse o Sol não teríamos as chuvas e os alimentos.*

*[...] Sinto que algumas vezes não consigo fazer os debates que algumas dúvidas proporcionam, pois o tempo da aula passa rapidamente e os conteúdos precisam ser trabalhados (Diário aula 18)”.*

Conforme os fragmentos do diário que produzi durante a implementação do planejamento didático intitulado Abordagem Contemporânea da Mecânica, destaca-se que na Aula 17, onde começaram as discussões sobre o tema energia, foi debatido sobre unidades de medida desse conceito e as informações presentes em rótulos de alimentos. Essa relação entre alimentos e energia foi demonstrada pelo Aluno 10, que na imagem em mosaico escolhida, entre a figura do Sol, de uma hidrelétrica e do trânsito, trouxe a imagem de frutos na árvore.

A imagem escolhida pelo Aluno 10, assim como dos Alunos 1 e 2, trouxe a ilustração de hidrelétricas, um elemento comentado na Aula 18, conforme demonstra o fragmento do meu diário de aula. Além disso, o fragmento do diário da Aula 18 demonstra outro aspecto citado e debatido em aula e presente em imagens escolhidas pelos alunos, o Sol. As imagens que colocam o Sol em destaque estão presentes nas escolhas dos alunos 3, 6, 7 e 10.

Outro aspecto relevante das imagens que contêm hidrelétricas e o Sol é o fato de que, ao cruzar as informações das ações citadas e das imagens escolhidas pelos alunos, os mesmos demonstram ter compreendido as transformações de energia que ocorrem no cotidiano, que é um dos objetivos principais da abordagem construída e defendida na presente tese, ou seja, o desenvolvimento de uma cultura científica, onde os conteúdos estudados em sala de aula possam ser extrapolados para situações do convívio social do aluno.

Não se pode deixar de mencionar que o diário da Aula 18 traz à tona um dos condicionantes da prática docente, a baixa carga horária da disciplina de Física em aulas do Ensino Médio. No trecho citado do diário de aula, fica evidente que eu gostaria de debater mais os assuntos trazidos pelos alunos em sala de aula. No entanto, como no caso da turma na qual foi aplicado o planejamento, eu dispunha de

dois períodos semanais para a aplicação das aulas, pois os debates tinham de ser realizados com ponderação.

Esse fragmento do diário de aula demonstra o quanto o site do FISQUIM ampliou o diálogo entre eu e os alunos, tendo em vista que todas essas evidências fornecidas pelas respostas para a primeira atividade provavelmente não seriam possíveis com avaliações escritas em sala de aula.

Com o site FISQUIM, os alunos puderam refletir sobre os conceitos discutidos em sala de aula e responder as atividades via rede mundial de computadores, um ambiente que faz parte da rotina tecnológica em que estão inseridos.

Outro aspecto relevante sobre a utilização do site FISQUIM diz respeito à utilização de 100% desse na primeira atividade. Tal fator pode ser justificado pela forma com a qual o site foi elaborado, onde os alunos não viam as respostas de seus colegas. Esse aspecto estimula a participação de alunos que, por timidez, não participam de diálogos em sala de aula, mas no ambiente virtual se sentem seguros para responder às atividades.

### 5.2.2 Atividade 2

A segunda atividade publicada no site FISQUIM inicialmente buscou remeter os alunos às atividades citadas na primeira ação e ratificar a ideia do quanto a energia, em suas diferentes formas, está presente na vida de cada um. Na sequência, a atividade apresentou o assunto do texto como sendo um dos desafios da população mundial atualmente, mas que já é alvo de estudos que buscam solucioná-lo. Finalizando a atividade, foi solicitado que após a leitura do texto<sup>28</sup> disponível no *link* o aluno deixasse seu comentário.

---

<sup>28</sup> Disponível em:

[http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/inovacoes\\_para\\_economizar\\_energia\\_e\\_salvar\\_vidas.html](http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/inovacoes_para_economizar_energia_e_salvar_vidas.html)

Na sequência, encontram-se transcritas as respostas dos alunos sobre a segunda atividade, lembrando que as respostas seguem fielmente a digitação publicada no site FISQUIM, tal como feitas pelos alunos. A numeração dos alunos se mantém a mesma da primeira atividade.

- Aluno 1

O texto fala sobre o excessivo gasto de energia que ocorre devido ao uso de condicionadores de ar (aproximadamente 185 bilhões de quilowatts/hora nos EUA) e, devido ao aquecimento global, a demanda pelos aparelhos só tende a aumentar. Ele funciona com clorofluorocarbonetos (CFC), que absorvem o calor do ambiente que será refrigerado, lançando-o para fora, o que contribui para o efeito estufa. Novas tecnologias estão sendo desenvolvidas para que os CFCs possam ser substituídos por materiais sólidos, como o telureto de bismuto. Outra opção é usar membranas que condensam água. O grande problema nesse caso são os verões, quando as ondas de calor são intensas e é necessário a refrigeração em um prédio de uma empresa, por exemplo. “Nós somos a turma da eficiência energética e temos luzes que acendem e apagam automaticamente (quando registram a presença de uma pessoa), mas como qualquer outro edifício lutamos com o aquecimento e a refrigeração”, declarou Cheryl Martin, vice-diretora da ARPA-E (Agência de Projetos de Pesquisa Avançada para a Energia dos Estados Unidos).

- Aluno 2

A notícia informa, basicamente, o uso frequente do ar condicionado e os problemas ambientais que se propagam através da queima de combustível fóssil para o funcionamento deste aparelho e os malefícios causados por este; como por exemplo, o aquecimento global. O texto ainda destaca que algumas empresas estão atentas a estes problemas tratando de reduzir a energia necessária para alimentar os condicionadores de ar.

- Aluno 3

Achei o texto ótimo, pois tecnologias e estudos estão trabalhando para conseguir a diminuição da queima de combustíveis. Estão desenvolvendo habilidades para fazer com que as pessoas se sintam mais confortáveis.

- Aluno 5

o texto fala sobre o ar condicionado, os gastos que chegam a 185 bilhões de uilowatts/hora. estão estudando de fazendo pesquisas para diminuir esses gastos de combustíveis. estão tentando criar novas coisas para deixar as pessoas confortáveis, por exemplo a luz que detecta quando tem alguém por perto e ascende. mas eles batalham contra o aquecimento global. e estão tentando melhorar o ar condicionado e os gastos .

- Aluno 6

O assunto do texto fala sobre os ar condicionado, nos Estados Unidos como gastam aproximadamente 185 bilhões de quilowatts/hora. Muitas tecnologias e estudos para alcançar os objetivos desenvolvidos, fazendo com que não tenha muita queima de combustíveis. Eles estão desenvolvendo várias habilidade para fazer com que as pessoas se sentem mais confortáveis em seu dia a dia. Como destaca no texto Nós somos a turma da eficiência energética e temos luzes que acendem e apagam automaticamente (quando registram a presença de uma pessoa), mas como qualquer outro edifício lutamos com o aquecimento e a refrigeração”, declara Martin. “Ficarei muito grata quando ‘essas coisas’ estiverem disponíveis e pudermos aperfeiçoar os sistemas facilmente”.

A demanda por condicionadores de ar tende a aumentar em decorrência do aquecimento global.

- Aluno 7

O assunto do texto abordado é sobre os ar condicionados, que nos Estados Unidos vem gastando cada vez mais quilowatts/hora de energia por ano em refrigeração domiciliar, mais que qualquer outro país. À medida que o calor do verão cede ao clima mais ameno do outono nos Estados Unidos, o ar-condicionado é mais luxo que necessidade. A ARPA-E se esforça para deixar seus funcionários confortáveis com mais eficiência, sem resfriar o edifício excessivamente.

- Aluno 9

O texto fala sobre um assunto muito comentado ultimamente, que é a poluição em nosso planeta, assim como geramos essa poluição, também podemos terminar com ela, e há várias formas para isso acontecer. A poluição está fazendo nosso planeta aquecer cada vez mais, então estão sendo construídas novas tecnologias para que possamos ter conforto e não gerar tanta poluição.

- Análise das respostas

Da análise das publicações referentes à segunda atividade, percebe-se que mais de 63% dos alunos publicaram no site FISQUIM seus comentários, uma redução de quase 40% em relação ao que ocorreu na primeira atividade.

Em relação às respostas, nota-se que de um total de sete publicações dos estudantes, cinco resumiram o assunto do texto e dois emitiram a opinião sobre a reflexão que o texto suscitava.

Como exemplo, pode-se citar o Aluno 3, que em seu comentário demonstrou interesse no assunto debatido no texto e, além disso, destacou que no contexto descrito a tecnologia está trabalhando a favor da diminuição dos problemas ambientais e contribuindo para o conforto de todos.

Esse comentário demonstra a compreensão do aluno em relação à ideia principal do texto, ou seja, abordar os dois lados que a tecnologia dos condicionadores de ar representa para a sociedade. Ocorre que, se de um lado esses trazem conforto, de outro também emitem gases que contribuem para o efeito estufa. No entanto, em seu comentário, o Aluno 3 deixou claro que a pesquisa aplicada àquela tecnologia busca reduzir os efeitos danosos e garantir o conforto.

O Aluno 9, na publicação de seu comentário, demonstra assumir que o texto tem como foco principal a poluição ambiental, colocando-se enquanto membro da sociedade, como agente de causa e solução para essa. Causa por ser a sociedade a geradora da poluição, e solução amparada nas pesquisas citadas no texto que buscam diminuir a emissão dos gases maléficos em sistemas de condicionadores de ar. Como consequências da poluição ambiental, o aluno cita o aquecimento global e a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias que garantam o conforto.

Cabe destacar que diferentemente dos outros colegas, os alunos 3 e 9 se inseriram no texto, mesmo não mencionando aspectos referentes ao consumo consciente da tecnologia dos condicionadores de ar que foram citados ao longo do texto, assumiram os papéis sociais citados naquele contexto.

Os comentários publicados pelos outros sete alunos também apresentaram sínteses ricas com fragmentos e citações do texto. Os comentários desses alunos não foram pormenorizados por não serem analisados de forma mais aprofundada, tendo em vista que esses fizeram o requerido na atividade, que solicitou um comentário sobre o texto após a leitura e não para dar a opinião sobre o mesmo.

### 5.2.3. Atividade 3

A terceira atividade do site FISQUIM, em um primeiro momento, traz como afirmação que as perdas e o mau uso da energia se constituem em um problema ambiental. Seguindo o enunciado da atividade, é exposto que a redução dessas perdas passa pelo desenvolvimento de novas tecnologias, como apresentado no texto da Atividade 2, e também pelo estabelecimento de novas atitudes.

Sendo assim, como no texto da Atividade 2, os alunos já tiveram um exemplar de ação aplicada à tecnologia para a redução de perdas e diminuição da poluição. Na Atividade 3 os alunos foram chamados a refletir sobre como suas atitudes estão contribuindo para o problema do uso racional da energia.

Na sequência, encontram-se transcritas as respostas dos alunos sobre a terceira atividade, lembrando que novamente as respostas seguem fielmente a digitação realizada no site FISQUIM, tal como escritas pelos alunos, sendo que a numeração desses se mantém como na primeira atividade.

- Aluno 1

Ocorre perda excessiva de energia elétrica na utilização de condicionadores de ar, lâmpadas que consumem mais energia, eletrodomésticos com defeitos e mais antigos, queima de combustíveis em motores desregulados, deixar luzes ligadas sem necessidade, etc.

- Aluno 2

Energia solar (fotossíntese), muscular (resultado de substâncias armazenadas no organismo) , térmicas (através dos coletores solares presente em algumas casas)

- Aluno 3

ar condicionado, combustível, automóveis..

- Aluno 5

deixam a tv ligada na tomada e fica a luzinha acesa, computador também fica a luzinha. a lâmpada as vezes fica ligada durante o dia, micro-ondas o notebook ligado na tomada, podem usar a bateria por um certo tempo e economizar energia...

- Aluno 6

Energia elétrica gastando luz sem necessário, demorando no banho, deixando a geladeira aberta abrindo e fechando...

Perdas de energia do ser humano gastando calorias, fazendo exercícios físicos, correndo , caminhando.

- Aluno 8

em nossas casas tem vários tipos de coisas que dissipam a energia como por exemplo: fios da rede elétrica desencapados, geladeiras velhas que consomem uma demanda muito grande de energia, carros com motores mal regulados e etc.

- Aluno 9

energia não se perde, apenas se transforma.

- Aluno 11

A perda de energia acontece em vários lugares na nossa casa, nos lugares da onde ela vem, em quase todo lugar a perda de energia, porque se ela está em todo lugar em todo lugar tem chance de ela se perder.

- Análise das respostas

A terceira atividade do site FISQUIM contou com a participação de mais de 72% dos alunos da turma.

Das respostas dos alunos com relação à Atividade 3, pode-se observar que o Aluno 1 relacionou dois aspectos em relação ao mau uso e as perdas da energia. Primeiro relacionando ao uso não consciente dos aparelhos das residências, como, por exemplo, condicionares de ar, fazendo assim uso das informações do assunto abordado na segunda atividade. O segundo aspecto diz respeito às perdas de energia, ou seja, a energia que está sendo degradada e não está sendo utilizada em sua maior eficiência. Como exemplo, esse aluno citou lâmpadas que consomem mais energia do que outras e eletrodomésticos antigos, que se trocados por modelos atuais reduziram o consumo e, conseqüentemente, as perdas de energia.

Os alunos 2 e 3 publicaram respostas que consideram de mau uso ou que resultam em perdas de energia sem justificar ou detalhar atividades do cotidiano.

O Aluno 5 citou situações do cotidiano que estimulam as perdas de energia, como as luzes de *Stand by* de aparelhos eletroeletrônicos e sugere como solução a utilização de baterias em aparelhos que dispuserem das mesmas para diminuir o consumo de energia elétrica.

O aluno 6 citou exemplos de mau uso que favorecem o aumento de consumo e também citou exemplos de processos biológicos que envolvem energia, relacionando o termo perdas de energia, como trazia o enunciado, com gasto calórico e de energia no corpo humano.

O Alunos 8 relacionou as perdas de energia com situações onde a energia útil se degrada, como, por exemplo, geladeiras antigas que consomem mais energia do que as atuais. Além disso, esse aluno foi o único que citou como exemplo de perdas de energia útil algo que não estava relacionado com a energia elétrica, pois no comentário publicado no site FISQUIM apontou os motores desregulados como fonte de perda de energia. Esse aspecto não fora comentado em aula, o que demonstra que o aluno extrapolou os conceitos e definições abordados em sala de aula para outras situações.

O Aluno 9, em um comentário rápido, respondeu que a energia não se perde, apenas se transforma. Essa resposta está de acordo com o princípio da conservação de energia e em total conformidade com as situações estudadas em aula. No entanto, a terceira atividade publicada no site FISQUIM usou o termo perdas de energia no sentido de energia útil que depois de transformada não será possível sua utilização novamente.

Da mesma forma, o Aluno 11 publicou que as perdas de energia existem em todos os lugares, tendo em vista que em todos os lugares também há energia. Esse aluno se valeu da reflexão estimulada na primeira atividade que buscou demonstrar o quanto a energia está presente em suas diversas manifestações, em nossas vidas.

Conforme o trecho do diário de aula desenvolvido por mim na aplicação do planejamento didático, fica clara a presença da lei de Lavoisier, citada pelo Aluno 9.

“ [...]”

*Os alunos demonstraram compreender bem o trabalho como um processo de transferência de energia.*

*Antes dessa definição, discutimos que o conceito de energia não é algo definido, mas que segue a lei de Lavoisier – Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.*

[...] (Diário aula 17)”

#### 5.2.4. Atividade 4

A última atividade publicada no site FISQUIM buscou trazer aos alunos uma situação comentada em aula e que serviu como base para aplicação do Princípio da Conservação da Energia Mecânica.

Nessa atividade, após assistirem a um vídeo, os alunos deveriam responder a quatro questões relacionadas às formas de energia cinética e potencial, além de identificar o atrito como sendo uma força dissipativa.

O vídeo que fazia parte da quarta atividade trazia as atrações de um parque na Serra Gaúcha, onde há uma Montanha Russa sem motores para a movimentação dos carrinhos. Durante o vídeo, esses carrinhos são chamados de trenós, mesma nomenclatura utilizada no enunciado da atividade.

O movimento dos trenós se dá pelos desníveis na trilha na Montanha Russa e pela força gravitacional. Os ocupantes podem diminuir a velocidade com a utilização de freios presentes nos trenós.

Na sequência, encontram-se transcritas as respostas dos alunos sobre a quarta atividade. Assim como nas atividades anteriores, as respostas seguem fielmente a digitação realizada no site FISQUIM, tal como escritas pelos alunos. A numeração das respostas também se mantém como na primeira atividade.

- Aluno 1

No trajeto percorrido pelo trenó a energia é transformada várias vezes. A energia potencial é transformada em cinética nas descidas; a energia cinética se dissipa com o atrito quando o freio é puxado; e há a energia potencial quando ele está há uma certa altura.

1- Devido às subidas e descidas no trajeto, a energia potencial é transformada em cinética, ou seja, em movimento. O trenó adquire velocidade nas descidas.

2- A pessoa experimentará a energia cinética máxima quando estiver no final de uma descida. Nesse caso, a energia potencial se transforma em cinética. Ao atingir a altura de 0m (quando estiver no chão) não haverá energia potencial, mas essa será compensada pela energia cinética.

3- A energia potencial máxima ocorrerá quando a pessoa estiver na altura máxima do trajeto, ou seja, em uma subida. A energia cinética diminuirá e se transformará em energia potencial.

4- Ao adicionar os freios, a velocidade do tremó diminui. Isso ocorre por causa do atrito. Ao puxar o freio, o atrito do tremó com o trilho aumenta, resultando em uma força e sentido contrário à energia cinética, diminuindo a velocidade do tremó.

- Aluno 3

1- Por causa das subidas e descidas que deixa o treno sempre com velocidade.

2- Nas descidas, pois há mais velocidade, a energia potencial fica concentrada para gerar mais velocidade.

3-Nas subidas, energia cinética é reduzida.

4-Diminui, a força do atrito.

- Aluno 5

1- Por causa da energia cinética e a energia potencial que provocam seu deslocamento.

2- quando a energia potencial tiver 0 pois então sua vel. vai chegar ao máximo.

3-quando estiver a beira duma decida e a energia cinética estiver 0 pois então sua vel. estará pouca e a potencial estará no máximo.

4- a velocidade vai diminuir por causa dos ferros do trilho com o trenó isso se chama atrito.

1- pq tem uma alavanca que controla a velocidade.

2- o corpo está parado mas ao mesmo tempo está em movimento, energia potencial é a força que está atuando sobre o trenó fazendo com q ele se mova

3- quando o trenó está na velocidade máxima, em relação a energia cinetica o corpo está parado.

4- o trenó começa a perder velocidade . a energia e atua uma força para que ele comece a parar.

- Aluno 6

1) Porque é a pessoas que controla acelera ou freia que pode atingir velocidade de 40km/h.

2)O carrinho do trenó da" montanha russa" possui sua energia cinética máxima no ponto mais baixo de sua trajetória. Isso ocorre pois a velocidade é máxima neste ponto da trajetória. Quando o carrinho começa a subir para pontos mais altos, sua velocidade diminui e sua energia cinética vai diminuindo, pois parte da energia mecânica começa a ser convertida em energia potencial gravitacional, e outras energias como térmica, energia sonora, e também com a perda de velocidade pelo atrito entre o carrinho com o trilho e com a resistência do ar.

3) A energia cinética vai diminuindo fazendo com que o trenó vai diminuindo sua energia com o atrito do carrinho e do trilho.

4)Vai diminuindo e a pessoa não precisa se segurar que ele volta sozinho. Força gravitacional.

- Aluno 7

Tem transformação de energia o trenó, a montanha russa...

1. Porquê não tem atrito e ele é a trilha do trenó tem dissipação
2. Quando não esta voltando. Que quando ele está em movimento ou quando ele apresenta possibilidade, ou seja, potencial para adquirir movimento espontaneamente.
3. Pode se experimentar energia potencial na ida do trenó quando ela passa a controlar. A energia cinética é, então o tipo de energia que um corpo possui quando está efetivamente em movimento.
4. Ela será diminuída. A força conservativa, pois é toda a força cujo trabalho independente da trajetória.

- Aluno 8

- 1- Por causa da energia potencial e energia cinética
- 2 -Quando a vel. atingir o máximo. a potencial estará no minimo pois foi toda transformada em cinética que é a velocidade
- 3 -Quando estiver perto de uma grande decida/ a cinética se transformou na energia potencial
- 4- A velocidade é dissipada pelo atrito dos ferros do trilho com o freio assim o trenó ira para com sua velocidade chegando a 0

- Aluno 9

- 1-Por causa das subidas e descidas.
- 2-Quando está com sua velocidade máxima, que a energia potencial armazenada está sendo liberada.
- 3-Nas descidas, a energia cinética também será máxima.
- 4-Diminui, a força do atrito.

- Aluno 11

1. Energia dissipativa
2. Em lugares onde há decida. A energia potencial age como impulso.
3. Em lugares onde há subida onde a energia cinética vai ser menor.
4. Ela se dissipa. Força dissipativa. Porque está parando ou seja dissipando a energia cinética.

- Análise das respostas

Dos onze alunos que compunham a turma onde o planejamento foi aplicado, oito responderam a quarta atividade publicada no site FISQUIM, representando mais de 72% dos alunos.

Nessa atividade, dos oito alunos que a responderam três identificaram as transformações de energia que ocorrem na Montanha Russa. Como é o caso do Aluno 1, que, inclusive, relaciona a Energia Cinética com o movimento e a Energia Potencial Gravitacional com a altura em relação a determinado nível de referência. Da mesma forma, esse aluno, assim como os alunos 8 e 9, além de responderem as questões da atividade conforme as transformações da energia mecânica estudadas em aula, identificou a força de atrito como aquela que passa a atuar com maior intensidade quando os freios do trenó são acionados.

Além disso, cabe destacar que o Aluno 6, ao descrever as transformações de energia na Montanha Russa, aponta outros exemplos de energia dissipada, como a energia térmica e sonora, que são situações que geralmente não são abordadas no modelo utilizado para atividades estudadas no primeiro ano do Ensino Médio, mas estão em total acordo com a realidade.

Algumas das respostas dos alunos podem ser melhor interpretadas se levarmos em consideração o diário de aula que produzi quando foi estudado o

Princípio da conservação da energia. Na sequência, encontram-se transcritos trechos do diário de aula da Aula 20.

*[...]*

*Após a correção iniciamos o capítulo referente ao teorema da energia mecânica, para isso conversamos sobre forças conservativas e dissipativas.*

*Para tal citei como exemplo uma Montanha Russa que funciona por gravidade na Serra Gaúcha, e a utilizei para comentar pontos em que temos a energia cinética máxima e energia potencial máxima e os questioneei: Qual a força que os engenheiros que projetaram a Montanha Russa tiveram que minimizar?*

*Eles (os alunos) não lembraram, ou até mesmo minha pergunta não foi clara. Então perguntei novamente: Qual força se opõe ao movimento do carrinho? Nesse momento a maioria respondeu o atrito e assim, continuei a explicação que o atrito dissipava a energia.*

*Eles (os alunos) não acreditaram que o carrinho que citei como exemplo não tem motor e que assim os engenheiros levaram em consideração as transformações de energia. O fato de não acreditar foi tanto, que uma aluna chegou a comentar: - Como eu queria provar que os cálculos podem dar errado.*

*Eles gostaram da explicação com o exemplo da Montanha Russa e um aluno até perguntou: Isso é aqui?*

*[...] (Diário Aula 20) ”*

Ao comparar o trecho transcrito de meu diário de aula com as respostas dos alunos sobre a quarta atividade do site FISQUIM, pode parecer que os comentários publicados pelos alunos foram apenas cópias do diálogo realizado em aula. No entanto, cabe ressaltar que a vigésima aula foi a aula que o site FISQUIM foi lançado, sem falar que a quarta atividade publicada no Portal não havia sequer sido planejada. Além disso, o site foi lançado em meados de outubro e a Atividade 4 no final de novembro. Dessa forma, pode-se inferir que as respostas não foram meras reproduções dos diálogos em sala de aula, mas, sim, uma interpretação de uma situação do cotidiano relacionada ao assunto em estudo e que foi de grande interesse para os alunos.

Sobre o trecho de meu diário e a elaboração da quarta atividade, destaca-se que essa foi planejada com a finalidade de dar continuidade a abordagem sobre a energia, conforme estavam sendo publicadas as atividades no site. Além disso, essa quarta atividade trouxe na forma de vídeo uma situação real que foi muito debatida e até gerou dúvidas sobre a veracidade de sua existência em sala de aula, conforme demonstrado no trecho transcrito.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem construída nessa tese, denominada Abordagem Contemporânea da Física, partiu da hipótese de que a formação de uma cultura científica em estudantes do Ensino Médio passa pelo desenvolvimento da dimensão Humanista e da dimensão Investigativa em sala de aula. Tal abordagem foi denominada contemporânea, pois em sua construção foram consideradas as tendências da área de ensino de Física, sendo que as dimensões dessa são realizadas ao estruturar aulas e atividades didáticas sob os enfoques histórico-filosófico, social, experimental e tecnológico.

Nesse sentido, foi estruturado um planejamento didático com a finalidade de incorporar aos conteúdos de mecânica a abordagem defendida nesse trabalho, sendo por isso denominada Abordagem Contemporânea da Mecânica.

O planejamento didático contou com vinte e três aulas que foram desenvolvidas ao longo de um ano letivo no primeiro ano do Ensino Médio. As aulas foram elaboradas com o objetivo de promover os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Além disso, foram estruturadas dez atividades didáticas, onde seis foram realizadas em sala de aula e quatro foram publicadas no site FISQUIM.

Dessa forma, o **Capítulo 1**, ao traçar um perfil dos estudantes do Ensino Médio, demonstrou que grande parte das matrículas do ano de 2008 foi realizada na rede estadual de ensino, totalizando 86%. Além disso, o primeiro capítulo apontou que dos alunos ingressantes no Ensino Superior, poucos optam por cursos da área de Ciências. Esse fator pode estar relacionado com o baixo rendimento dos estudantes brasileiros na prova do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), tendo em vista que na aplicação, cuja ênfase foi na área de Ciências, em torno de 60% dos alunos apresentou notas que, segundo o órgão organizador, demonstram não possuir competência científica para intervir na sua realidade. Ainda no Capítulo 1, foram discutidos, com base nos documentos legais, como são definidos os parâmetros para o ensino nesta etapa da educação básica. Os dados levantados neste capítulo revelam um desafio para a educação em Ciências e estimulam a seguinte reflexão: Como desenvolver a competência

científica capaz de tornar os alunos do Ensino Médio aptos a resolver tarefas do seu cotidiano e do seu convívio social?

Estimulado por essa reflexão, o segundo capítulo trouxe a abordagem construída e defendida nesse trabalho. Para tal, partiu-se da hipótese que a Abordagem Contemporânea da Física é uma possibilidade para o desenvolvimento da cultura científica nos alunos.

O desenvolvimento da cultura científica, segundo autores das áreas de Ensino e Ciências, configura-se como um dos desafios da educação atual, por considerar além dos conhecimentos adquiridos em sala de aula, também as aplicações destes em situações do convívio dos alunos. Sendo assim, a Abordagem Contemporânea da Física contempla a dimensão Humanista e a dimensão Investigativa do conhecimento.

Para a abordagem de tais dimensões em sala de aula, parte-se da ideia de que os enfoques histórico-filosófico, social, tecnológico e experimental devem ser incorporados com a finalidade de desenvolver nos estudantes do Ensino Médio o conhecimento dos métodos de desenvolvimento do conhecimento científico e a utilização das ferramentas tecnológicas atuais que contribuam efetivamente no processo de ensino e aprendizagem.

Para o desenvolvimento de um planejamento didático onde a Abordagem Contemporânea da Física fosse contemplada, o terceiro capítulo delinea os encaminhamentos metodológicos dessa tese e apresentou os resultados da pesquisa realizada em sete periódicos da área de ensino de Física e educação em Ciências. A pesquisa identificou e descreveu cinquenta e seis (56) trabalhos, onde ao menos uma das dimensões que caracterizam a abordagem defendida foi aplicada em sala de aula. A análise desses trabalhos permitiu agrupar aqueles com características semelhantes em categorias. Além disso, observou-se que os trabalhos foram aplicados em diferentes níveis e modalidades de ensino, pois foram descritas atividades no Ensino Fundamental, Ensino Médio, Educação de Jovens e Adultos (EJA), Ensino Superior e Pós-Graduação. Destacou-se também que os trabalhos abordaram distintos assuntos da Física, como, por exemplo, conteúdos de óptica, mecânica, eletromagnetismo e calorimetria. Da mesma forma, enfatiza-se que os trabalhos analisados demonstraram pesquisas, onde no máximo duas abordagens foram desenvolvidas. Os pontos destacados pela análise dos trabalhos

identificados demonstram a abrangência que a Abordagem Contemporânea da Física busca desenvolver, tendo em vista que essa tem a possibilidade de ser realizada em diferentes níveis de ensino, com distintos assuntos relacionados à Física e possibilita, de forma integrada aos conceitos, a abordagens de conteúdos sob os enfoques histórico-filosófico, experimental, tecnológico e social.

O quarto capítulo considerou a Abordagem Contemporânea da Mecânica. Nesse capítulo foram descritas, de forma detalhada, as vinte e três aulas do planejamento didático desenvolvido e aplicado no primeiro ano do Ensino Médio. As aulas proporcionaram a construção de diversas estratégias que buscaram desenvolver de forma integrada aos conceitos, assuntos da mecânica que incorporassem o desenvolvimento das dimensões Humanista e Investigativa sob os enfoques histórico-filosófico, experimental, tecnológico e social.

Em relação ao quarto capítulo, cabe destacar que, das vinte e três aulas descritas, em mais de 50% dessas foi realizada uma abordagem puramente conceitual. Esse percentual é alto e parece duelar com a proposta de ensino que defendo, onde se busca desenvolver nos estudantes meios para que possa utilizar os conhecimentos estudados em situações de sua realidade. No entanto, convém ressaltar que a maioria dessas aulas de abordagem conceitual foi ministrada no último trimestre letivo, período no qual foi desenvolvido e apresentado aos alunos o site FISQUIM, que buscou dar continuidade aos debates que os assuntos estudados suscitavam em sala de aula, e assim ampliar o diálogo entre os alunos e professor.

Por esse motivo, as atividades presentes no site buscaram aproximar os assuntos discutidos em aula de situações vivenciadas por cada estudante. Além de ser uma ferramenta tecnológica próxima dos alunos, acredito que o site FISQUIM complementou a Abordagem Moderna e Contemporânea da Mecânica, no sentido de que se pode utilizar um recurso tecnológico de forma aliada aos conhecimentos que estavam sendo construídos em aula.

Nesse sentido, a pergunta é a seguinte: **De que forma os ambientes desenvolvidos na rede mundial de computadores podem ampliar o diálogo entre professor e aluno?** Esse questionamento pode ser respondido com base na participação dos alunos nas atividades do site FISQUIM, tendo em vista que a primeira atividade publicada contou com a participação de todos os alunos e as demais atividades computaram a participação de mais de 60% desses, ampliando os

limites da sala de aula. Esse aspecto é demonstrado nos trechos do diário de aula que complementaram a análise das respostas sobre as atividades do site FISQUIM, pois demonstraram que as respostas dos alunos foram uma continuidade aos diálogos e debates que aconteciam em sala de aula.

Em relação aos diários de aula que elaborei na implementação do planejamento didático construído com base na Abordagem Contemporânea da Física, o aspecto mencionado em relação à complementação da interpretação das respostas dos alunos às atividades do site e de sala de aula, permite responder a seguinte pergunta: **Há elementos no diário do professor que fornecem informações para a reflexão de sua prática docente e reformulações no planejamento?** De acordo com os trechos utilizados para complementar a análise das atividades, infere-se que os diários que desenvolvi ao longo das aulas forneceram informações que permitiram a interpretação de respostas dos alunos, bem como permitiram refletir sobre situações vivenciadas em sala de aula. Essas reflexões me permitiram analisar se determinadas estratégias foram relevantes e motivadoras, além de possibilitar a reorganização do planejamento.

Da mesma forma, as atividades analisadas e os trechos do diário de aula que elaborei dão subsídios para a resposta à pergunta: **Os conteúdos de mecânica, tradicionalmente abordados no primeiro ano do Ensino Médio, permitem ao professor incorporar em seus planejamentos as dimensões Humanista e Investigativa?** De acordo com a descrição das aulas, as respostas dos alunos sobre as atividades e os trechos do diário de aula estiveram de acordo com o desenvolvimento das dimensões que contemplam a abordagem defendida ao longo desse trabalho. Como exemplos, podem ser citadas as atividades referentes à educação para o trânsito, atividades experimentais, aplicação de ferramentas tecnológicas e as atividades do site FISQUIM, que também incorporaram as dimensões que fazem parte da Abordagem Contemporânea da Mecânica. Sendo assim, a descrição das aulas desenvolvidas para o planejamento didático mostrou que os conteúdos tradicionalmente estudados no primeiro ano do Ensino Médio permitem ao professor abordar a mecânica sob um enfoque contemporâneo, incorporando a dimensão Humanista e a dimensão Investigativa para o desenvolvimento da cultura científica.

Dessa forma, a pergunta que representa o problema de pesquisa que originou este trabalho é a seguinte: **Quais implicações para a prática docente que uma Abordagem Contemporânea dos conteúdos tradicionalmente abordados no primeiro ano do Ensino Médio traz?** A resposta para a pergunta exposta no problema de pesquisa mostra quais são as implicações para a prática docente que a Abordagem que defendi e construí nessa tese traz. Essa resposta se apoia na análise das tarefas dos alunos em relação às atividades desenvolvidas ao longo da implementação do planejamento didático.

A principal implicação diz respeito à possibilidade de realizar uma abordagem com diferentes estratégias ao longo de um ano letivo inteiro, mesmo com os condicionantes intrínsecos da prática docente. Como condicionantes intrínsecos da prática, cito o elevado número de atividades extracurriculares, que por muitas vezes fizeram com que atividades planejadas com antecedência fossem deixadas de lado para abordar o conteúdo do material de apoio da Instituição. Como exemplo de atividade que foi planejada e não pode ser aplicada, menciono o estudo do Sistema de Posicionamento Global, quando estruturei uma aula sobre o funcionamento do Sistema, onde os alunos poderiam manusear um receptor, mas que não foi possível, pois o período de avaliações deveria ser cumprido e as atividades extracurriculares embaralharam meu planejamento.

Outro exemplo de condicionante intrínseco da prática docente diz respeito à entrada de alunos ao longo do ano letivo. Ao todo, foram cinco alunos que ingressaram em meados do segundo trimestre, fato que também exigiu reformulações do planejamento, pois os alunos novos não estavam adaptados à natureza investigativa das atividades que estavam sendo desenvolvidas, sem contar que, na adolescência, a presença de novos integrantes modifica o comportamento da turma.

Nesse sentido, posso afirmar que desenvolver e aplicar uma Abordagem Contemporânea da Mecânica é difícil, pois há a necessidade de criar nos alunos o hábito para realizar atividades diferentes em relação àquelas onde apenas assistiam à aula passivamente. A tarefa é difícil no sentido de que, muitas vezes, um ano pode não ser suficiente para o aluno se sentir responsável pela própria aprendizagem.

Outro exemplo de implicação para a prática que a Abordagem Contemporânea traz diz respeito ao enfoque tecnológico em sala de aula. Em

minhas aulas utilizei apenas uma ferramenta tecnológica para a elaboração de gráficos. Essa escolha foi realizada pelo fato de o programa estar presente nos computadores da escola e não ser possível adotar outro editor de gráficos. No entanto, o enfoque tecnológico vai além da utilização dessa ferramenta. Na minha visão, o enfoque tecnológico passa também pelo entendimento das tecnologias que nos rodeiam e que faz o estudo da Física ganhar mais sentido e aplicabilidade, como, por exemplo, simulações e objetos de aprendizagem que são utilizados para simular experimentos entre outras potencialidades de aplicação. Nesse sentido a Abordagem Contemporânea da Física trouxe para a prática docente a implicação que a tecnologia deve estar presente em sala de aula em diferentes formas, tanto em aplicações tecnológicas do cotidiano dos estudantes, como em ferramentas computacionais.

Mesmo com os condicionantes da prática docente diária, a principal implicação que a Abordagem traz diz respeito ao envolvimento dos alunos nas mais diferentes atividades desenvolvidas. Dessa forma, mesmo com as dificuldades, afirmo que a Abordagem Contemporânea dos conteúdos de mecânica é possível. Faço essa afirmação, levando em consideração a pouca experiência que eu tinha na época da aplicação do planejamento. Ocorre que nos anos seguintes de minha atuação como professora do Ensino Médio e agora do Ensino Superior, ainda não tive novamente o mesmo retorno por parte dos alunos como nessa abordagem.

Muito provavelmente esse retorno não ocorreu novamente porque a elaboração de uma tese demanda uma doação que não me permitiu aplicar outra vez a abordagem que construí. Entretanto, hoje com um pouco mais de experiência em sala de aula, defendo-a.

Em linhas gerais, se a Abordagem Contemporânea da Mecânica fosse novamente aplicada, alguns pontos suscitados pela reflexão da prática em sala de aula seriam revistos. Primeiramente em relação à utilização de textos para leitura em sala de aula, pois pude notar que os questionamentos sobre os textos são mais produtivos se o aluno trabalhar em grupo, ou o mesmo for discutido na forma de debate com os colegas. Além disso, outra reformulação a ser considerada diz respeito à utilização do site FISQUIM, tendo em vista que, em uma nova aplicação, iria utilizá-lo desde o início, pois o mesmo demonstrou ser uma ferramenta tecnológica de grande potencial e que dá continuidade aos assuntos da sala de aula,

ampliando esse espaço de interação. Em relação às ferramentas tecnológicas, como já comentado, uma reformulação no planejamento se faz necessária, no sentido de permitir uma maior presença dessas ferramentas em sala de aula, como, por exemplo, a utilização de simuladores e objetos de aprendizagem, com a finalidade de integrar ao processo de ensino e aprendizagem todas as suas potencialidades do enfoque tecnológico.

A pesquisa realizada em sete periódicos demonstrou que, de formas pontuais, os enfoques que fazem parte das dimensões Humanista e Investigativa podem ser aplicados em diferentes níveis de ensino, assim como também em outros conteúdos. Nesse viés, um possível desdobramento dessa pesquisa diz respeito ao desenvolvimento da Abordagem Contemporânea da Física a outras séries do Ensino Médio, como, por exemplo, desenvolver a dimensão Humanista e a dimensão Investigativa para os conteúdos de eletromagnetismo, da termodinâmica ou da óptica.

Como perspectivas e contribuições que essa tese traz, pode-se citar a contribuição para o processo formativo na formação inicial. Ou seja, observou-se que, mesmo com os condicionantes da prática docente, há a possibilidade de desenvolver uma abordagem que leva em conta os processos humanos e investigativos, onde o aluno se vê participante da construção do conhecimento.

Nesse sentido, a Abordagem Contemporânea da Física pode ser uma importante concepção de ensino para ser trabalhada com alunos dos cursos de Física Licenciatura, pois, assim, os alunos em formação inicial aprenderiam os conteúdos básicos da graduação com uma visão do processo de construção do conhecimento, isto é, a Ciência seria apresentada como algo que não está pronto, mas que requer reflexão e investigação.

Assim, ao desenvolver o enfoque histórico-filosófico, os alunos teriam informações para interpretar a visão atual da Ciência e compreendê-la como um contínuo de descobertas. Já o enfoque social complementaria o desenvolvimento da dimensão Humana ao formar futuros professores com a compreensão das relações científicas e sociais.

Da mesma forma, ao aprender sob os enfoques experimental e tecnológico, o professor de Física em formação se aproxima dos objetos de estudo, vivenciando a

Física e estabelecendo relações entre conceitos, sem aceitá-los e aprendê-los passivamente.

Nesse viés, o desenvolvimento da cultura científica em alunos do Ensino Médio passa também pela abordagem da dimensão Humanista e da dimensão Investigativa em disciplinas de cursos de formação inicial de professores de Física.

## REFERÊNCIAS

ABEGG, I.; BASTOS, F. P. Ensino de física colaborativo mediado pelo Wiki do Moodle: descrição e análise de casos de estudos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial/2, p. 729-757, out. 2012.

ALMEIDA Jr., J. B. A evolução do ensino de física no Brasil – 2ª parte. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v.2, n. 1, p. 55-73, 1980.

AIKENHEAD, G. S. Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula. In: 4th CONFERENCE OF THE EUROPEAN SCIENCE EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION (ESERA), 2003, Noordwijkerhout, The Netherlands (august 19-23). Disponível em:<  
[http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA\\_2.pdf](http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf)>. Acesso em: janeiro de 2015.

ALVES, J. **Atividades didáticas inovadoras de termodinâmica baseadas em resolução de problemas e TIC**. 2014. 143 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

ARIGONE, G. M.; MUTTI, C. N. Uso das experiências de cátedra no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 60-90, abr. 2011.

AROCA, S. C.; SILVA, C. C. Ensino de astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e de manchas solares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 1-11, 2011.

ASSIREU, A. T.; REBOITA, M. S.; CORRÊA, M. P. Observando o céu, quantificando as nuvens e praticando modelagem: um exercício de apoio ao aprendizado das ciências atmosféricas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 1-8, 2012.

ASSIS, A. et al. Aprendizagem significativa do conceito de ressonância. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 1-20, 2012.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. [S. l.]: Persona, 1988.

BASTOS, P. W.; MATTOS, C. R. Física para uma saúde auditiva. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 1-29, 2009.

BATISTA, I. L.; ARAMAN, E. M. O. Uma abordagem histórico-pedagógica para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 466-489, 2009.

BONFÁ, M. et al. Comunicações: vila da dica jogo colaborativo para abordagem da física do cotidiano em um museu de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 208-217, abr. 2009.

BETZ, M. E. M.; TEIXEIRA, R. M. R. Material instrucional apresentando conteúdos de métodos computacionais para o ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial 2, p. 787-811, out. 2012.

BOSS, S. L. B. et al. Inserção de conceitos e experimentos físicos nos anos iniciais do ensino fundamental: uma análise à luz da teoria de Vigotski. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.14, n. 03, p. 289-312, set. 2012.

BRASIL. Diretrizes **Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**/ Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ensino Médio. Brasília: MEC; SEMT, 1999.

BRASIL. Senado Federal. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 9394/96**. Brasília: 1996.

BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p. 1-22, 2011.

CARAMELO, G. W. et al. Articulação Centro de Pesquisa - Escola Básica: contribuições para a alfabetização científica e tecnológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 1-9, 2010.

CARAMELLO, G. W.; STRIEDER, R. B.; GEHLEN, S. T. Desafios e possibilidades para a abordagem de temas ambientais em aulas de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 1-18, 2012.

CARAMELLO, G. W.; STRIDER, R. B. Elementos para desenvolver abordagens temáticas na perspectiva socioambiental complexa e reflexiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 3, p. 587-608, 2011.

CARDOSO, S. O. O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial/2, p. 891-934, out. 2012.

CARMO, A. B.; CARVALHO, A. M. P. Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 1, p. 61-84, 2009.

CARRASCO, M. R.; TORRECILLA, F. J. M. A avaliação das aprendizagens na América Latina. Comportamentos e tendências do desempenho escolar dos estudantes latino-americanos nos ensinos primário e secundário. **Revista de Ciências da Educação**, n.º 9, mai/ago 2009.

CARUSO, F.; FREITAS, N. Física moderna no ensino médio: o espaço tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro Ensino Física**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 355-366, ago. 2009.

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

CAVALCANTE, M. A.; BONIZZIA, A.; GOMES, L. C. P. O ensino e aprendizagem de física no século XXI: sistemas de aquisição de dados nas escolas brasileiras, uma possibilidade real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 1-6, 2009.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.7, n. 2, p. 99 – 116, 2012.

COIMBRA, D.; GADOI, N.; MASCARENHAS, Y. P. Educação de jovens e adultos: uma abordagem transdisciplinar para o conceito de energia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 628-647, 2009.

COLOMBO JÚNIOR, P. D. et al. Ensino de física nos anos iniciais: análise da argumentação na resolução de uma “atividade de conhecimento físico”. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 489-507, 2012.

COLOMBO JÚNIOR, P. D.; AROCA, S. C.; SILVA, C. C. Educação em centros de ciências: visitas escolares ao observatório astronômico do CDCC/USP. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 25-36, 2009.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. Classificação da produção intelectual. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/avaliacao/instrumentos-de-apoio/classificacao-da-producao-intelectual>>. Acesso em: 02 de abr. de 2014.

CUNHA, A. E. et al. Envolver os alunos na realização de trabalho experimental de forma produtiva: o caso de um professor experiente em busca de boas práticas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 635-659, 2012.

CUNHA, M. I. CONTA - ME AGORA! As narrativas como alternativas pedagógicas na pesquisa e no ensino. **Revista da Faculdade de Educação**, São Paulo, v. 23, n. 1/2, p. 185-195, 1997.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. Classificação da produção intelectual. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/avaliacao/instrumentos-de-apoio/classificacao-da-producao-intelectual>>. Acesso em: 02 de abr. de 2014.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 1, p. 99-122, 2012.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 3, Set. 2003.

FORATO, T. C.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro Ensino Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, abr. 2011.

GALISON, P. Os relógios de Einstein – O lugar do tempo. **Revista Ciência&Ambiente**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p 7-34, jan.- jun. 2005.

GASPAR, A. Cinquenta anos de ensino de física: Muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. In: XV ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE. 2008

GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 7-59, 2010.

GIL, A. X.; KALHIL, J. B. Ensino de Física numa perspectiva histórica e filosófica. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 7, n. 3, p. 468-472, set. 2013.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Física 1: Mecânica**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002. 332 p.

O GREF. In: GRUPO de Reelaboração do Ensino de Física. São Paulo. Disponível em: < <http://www.if.usp.br/gref/>> Acesso em: Abril de 2015.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 44, p. 75-92, abr./jun. 2012.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial/2, p. 965-1007, out. 2012.

HOLTON, G. Harvard Project Physics: A report on its aims and current status. **Physics Education**, 4, pp. 19-25, 1969.

HYGINO, C. B.; SOUZA, N. S.; LINHARES, M. P. Episódios da história da ciência em aulas de física com alunos jovens e adultos: uma proposta didática articulada ao

método de estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 1-23. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, **Conheça o INEP**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/conheca-o-inep> . Acesso em: 20 de jan. de 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, **Pisa**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/pisa-programa-internacional-de-avaliacao-de-alunos> Acesso em: 22 de jan. de 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Resultados nacionais – Pisa 2006: Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Pisa)** / Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. – Brasília: O Instituto, 2008. 153 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Censo da educação superior: 2011 – resumo técnico**. – Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2013. 114 p.

KRUMMENAUER, W. L.; COSTA, S. S. C.; SILVEIRA, F. L. Uma experiência de ensino de física contextualizada para a Educação de Jovens e Adultos. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.12, n.02, p.69-82, mai-ago. 2010.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; SALES, D. R. Superações conceituais de estudantes do ensino médio em medição a partir de questionamentos de uma situação experimental problemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 1-15, 2010.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; FORÇA, A. C. Acurácia na retirada da medida instigada por uma estratégia de ensino de orientação Kuhniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 1-6, 2012.

LAGRECA, M. C. et al. Estudo do lançamento vertical: uma proposta de ensino por meio de um objeto de aprendizagem. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial/1, p. 543-561, out. 2012.

LONGHINI, M. D.; NARDI, R. Como age a pressão atmosférica? Algumas situações-problema tendo como base a história da ciência e pesquisas na área. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 7-23, abr. 2009.

LUA, C. C.; FERREIRA, M. Em tempos de tecnologias: os vídeos de curta duração e a educação em ciências. In: IX CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 2013, Girona. **Anais eletrônicos...**Girona, 2013. p. 924-928. Disponível em: <[http://congres.manners.es/congres\\_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art\\_891.pdf](http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_891.pdf)>. Acesso em: 06 jul. 2014.

MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G.; ANDRADE, I. S. F. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial/1, p. 562-613, set. 2012.

MASSARANI, L.; CASTRO, I. M.; BRITO, F. (Orgs.) **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Fórum de Ciência e Cultura, 323 p. 2002.

MEDINA, M.; BRAGA, M. O teatro como ferramenta de aprendizagem da física e de problematização da natureza da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 313-333, ago. 2010.

MENDES, J. F.; COSTA, I. F.; SOUSA, C. M. S. G. O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 1-9, 2012.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: A tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MONTEIRO, M. A. A.; MONTEIRO, I. C. C.; GASPAR, A. Abordagem experimental da força de atrito em aulas de física do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 3, p. 1121-1136, dez. 2012.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011. 243 p.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2014.

MOREIRA, M. A.; AXT, R. O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de física. **Revista de Ensino de Física**. São Paulo, v. 8, n. 1, p. 33-48, jun. 1986.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: Retrospectiva e perspectivas. **Revista de Ensino de Física**. São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000.

MÜLLER, M. G. et al. Implementação do método de ensino *Peer Instruction* com o auxílio dos computadores do projeto “UCA” em aulas de física do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial/1, p. 491-524, set. 2012.

NARDI, R. Memórias da educação em ciências no brasil: a pesquisa em ensino de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.10, n. 1, pp. 63-101, 2005

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M. Física Moderna no Ensino Médio: uma proposta usando Raios-X. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2004, Jaboticatubas/MG. **Anais...** Jaboticatubas/MG: Sociedade Brasileira de Física, 2004. P. 1 - 10.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.5, p. 23-48, 2000.

PADILHA, J. N.; CARVALHO, A. M. P. Relações entre os gestos e as palavras utilizadas durante a argumentação dos alunos em uma aula de conhecimento físico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 1-16, 2011.

PAULA, R. C. O. **O uso de experimentos históricos no ensino de física: Integrando as dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula**. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

PAULA, H. F.; TALIM, S. L.; Uso coordenado de ambientes virtuais e outros recursos mediacionais no ensino de circuitos elétricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial/1, p. 614-650, set. 2012.

PEDUZZI, L. O. Q.; TENFEN, D. N.; CORDEIRO, M. D. Aspectos da natureza da ciência em animações potencialmente significativas sobre a história da física.

**Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial/2, p. 758-786, out. 2012.

PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. O uso didático da história da ciência após a implantação dos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio (PCNEM): Um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas publicados em periódicos nacionais especializados em ensino de física (2000-2006). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 48-65, abr. 2009.

PEREIRA, M. V. et al. Demonstrações experimentais de física em formato audiovisual produzidas por alunos do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 3, p. 676-692, dez. 2011.

PEREIRA, M. V.; BARROS, S. S. Análise da produção de vídeos por estudantes como uma estratégia alternativa de laboratório de física no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 1-8, 2010.

PEREIRA, G. R.; SILVA, R. C. Avaliação do impacto de uma exposição científica itinerante em uma região carente do Rio de Janeiro: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 1-12, 2010.

PIASSI, L. P. et al. O discurso ideológico sobre Aristóteles nos livros didáticos de física, **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 9, n. 2, p.1-19, 2009.

PORTELA, S. I. C. **O uso de casos históricos no ensino de física: Um exemplo em torno da temática do horror da natureza ao vácuo**. 2006. 96 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

PORTO, F. S.; ZIMMERMANN, E.; HARTMANN, A. M. Exposições museológicas para aprendizagem de física em espaços formais de educação: um estudo de caso. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n. 1, p. 26-62, abr. 2010.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 296 p.

REZENDE, F.; SOUSA, J. J. F.; BARROS, S. S. Padrões de navegação em um sistema hipermídia de mecânica básica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial/1, p. 361-389, set. 2012.

REZENDE, F.; TRINDADE, M. Jogos de linguagem e mudança discursiva na interação compartilhada de estudantes com sistema hipermídia. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 1-22, 2011.

RIBEIRO JÚNIOR, L. A.; CUNHA, M. F.; LARANJEIRAS, C. C. Simulação de experimentos históricos no ensino de física: uma abordagem computacional das dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 1-10, 2012.

RINALDI, E.; GUERRA, A. História da ciência e o uso da instrumentação: construção de um transmissor de voz como estratégia de ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 3, p. 653-675, dez. 2011.

RÍOS, S. L.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Modelación computacional apoyada en el uso del diagrama V de Gowin para el aprendizaje de conceptos de dinámica newtoniana. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p. 202-226, 2011.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: Reconstrução histórica. In: XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2008, Curitiba. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/epenf/alfabetizacaocientificam.trabalho.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2015.

RODRIGUES, C, M. **A inserção da física moderna no ensino médio aliada à tecnologia do Sistema de Posicionamento Global (GPS)**. 2011. 147 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

RODRIGUES, C. M.; SAUERWEIN, I. P. S. Ensino de Ciências: Desafios para o Ensino Médio. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 5, n. 4, Dec. 2011.

RUTHERFORD, F. J.; HOLTON, G.; WATSON, F. G. Projecto Física: Unidade 1 Conceitos de Movimento. Fundação Calouste Gulbenkian.

SANTOS, A. J. J.; VOELZKE, M. R.; ARAÚJO, M. S. O projeto Eratóstenes: a reprodução de um experimento histórico como recurso para a inserção de conceitos

da astronomia no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 3, p. 1137-1174, dez. 2012.

SILVA, L. C. M.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. A carga específica do elétron. Um enfoque histórico e experimental. . **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 1-7, 2011.

SILVA NETO, J.; OSTERMANN, F.; PRADO, S. D. O tema da dualidade onda-partícula na educação profissional em radiologia médica a partir da simulação do interferômetro de Mach-Zehnder. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 1-10, 2011.

SILVA, L. L. Educação para o trânsito em aulas de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 1-22, 2009.

SILVA, N. C. Laboratório virtual de física moderna: atenuação da radiação pela matéria. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 3, p. 1206-1231, dez. 2012.

SILVEIRA, F. L. Um interessante e educativo problema de cinemática elementar aplicada ao trânsito de veículos automotores – a diferença entre 60 km/h e 65 km/h. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 468-475, ago. 2011.

SIQUEIRA, L. M. M.; TORRES, P. L. O ensino híbrido da eletricidade utilizando objetos de aprendizagem na engenharia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 334-354, ago. 2010.

SOARES, R. R.; BORGES, P. F. O plano inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 1-11, 2010.

SORPRESO, T. P.; ALMEIDA, M. J. P. M. Discursos de licenciandos em física sobre a questão nuclear no ensino médio: foco na abordagem histórica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 1, p. 37-60, 2010.

SOUZA, M. V. J. et al. Utilização de situação de estudo como forma alternativa para o ensino de física. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 11, n. 1, p. 1 –15, jun. 2009.

SOUZA, P. A. L. et al. Estudos sobre a ação mediada no ensino de física em ambiente virtual. **Caderno Brasileiro Ensino Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial 1, p. 420-447, set. 2012.

SOUZA, R. F. A renovação do currículo do ensino secundário no Brasil: As últimas batalhas pelo humanismo (1920–1960). **Currículo sem Fronteiras (On line)**, v.9, n.1, p.72-90, 2009.

TAYLOR, S. J.; BOGDAN, R. **Introducción a los métodos cualitativos de investigación**. Barcelona: Paidós, 1998.

TEIXEIRA, J. N.; MURAMATSU, M.; ALVES, L. A. Comunicações: projeto arte e ciência no parque – uma abordagem de divulgação científica interativa em espaços abertos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n. 1, p. 171-187, abr. 2010.

TOTI, F. A.; PIERSON, A. H. C. Elementos para uma aproximação entre a física no ensino médio e o cotidiano de trabalho de estudantes trabalhadores. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 527-552, 2010.

ZABALA, A. **A Prática Educativa**: Como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998. 224 p.

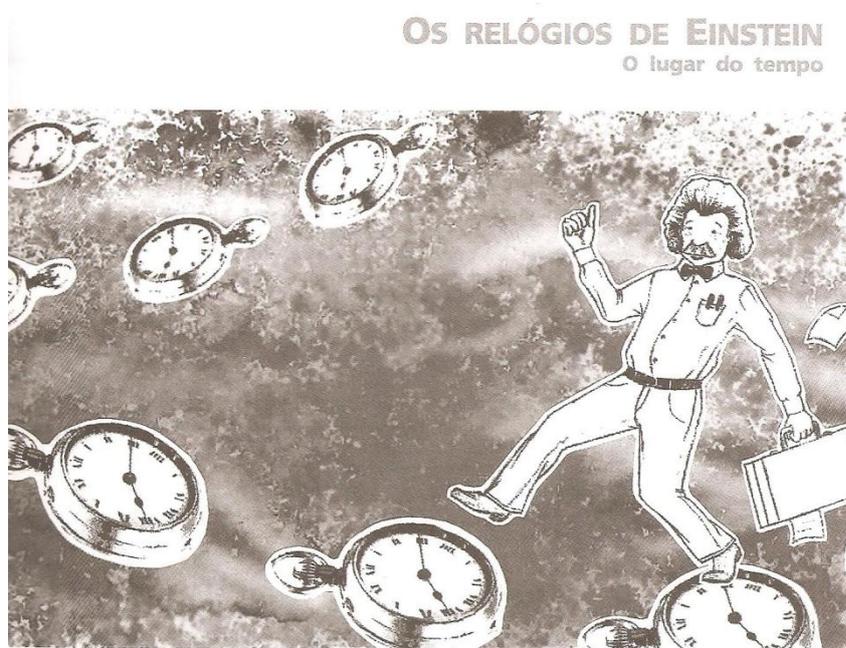
ZABALZA, M. A. **Diários da aula**: um instrumento de pesquisa e desenvolvimento profissional. Porto Alegre: Artmed, 2004. 160 p.

ZANETIC, J. Física e cultura. **Ciência e Cultura [online]**, v.57, n. 3, p. 21-24, 2005.

WERLANG, R. B. et al. Análise da inserção da teoria sociointeracionista em atividades de laboratório de física básica em um curso de geofísica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 2, p. 246-266, ago. 2012.

## ANEXOS

### Anexo A – Texto utilizado na aula 3 – Segunda atividade

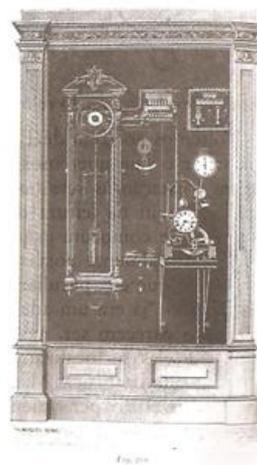


**Peter Galison**

[...]

No último verão eu estava parado numa estação de trem no norte da Europa, olhando distraidamente os relógios do final do século que se alinhavam na plataforma. Todos eles marcavam o tempo da mesma forma, com precisão de minutos. Curioso. Bons relógios. Mas então notei que, para onde olhasse, até mesmo o movimento *staccato* do ponteiro dos segundos estava em sincronia. Esses relógios não estavam simplesmente andando corretamente, pensei eu, esses relógios estão coordenados. Einstein certamente viu esses relógios coordenados enquanto estava concentrado em seu trabalho de 1905, tentando entender o significado da simultaneidade distante.

Já nos anos 30 e 40, Charles Wheatstone e Alexander Bain, ambos na Inglaterra, e logo depois Mathias Hipp em Württemberg e uma miríade de outros inventores começaram a construir sistemas de distribuição elétrica para ligar relógios distantes a um relógio central chamado alternadamente de *horloge-mère*, relógio-mestre, *Primäre Normaluhr* e relógio central (figura 3).<sup>7</sup> Na Alemanha, Leipzig foi o local onde um dos primeiros desses sistemas de tempo distribuído eletronicamente existiu, seguido de Frankfurt em 1859; Hipp (então diretor de um escritório de telegrafia)



deu início ao esforço suíço no Palácio Federal em Berna, onde cem relógios começaram a funcionar simultaneamente em 1890. Genebra, Basel, Neuchâtel e Zurique imediatamente o seguiram, cada uma com seu próprio sistema de coordenação de relógios. Logo após, estradas de ferro na Suíça – para as quais a coordenação de relógios era vital – foram equipadas com o tempo coordenado.<sup>8</sup>

Figura 3: L'Horloge-mère, Neuchâtel, De A. Favarger, *L'Électricité et ses applications à la chronométrie* (Neuchâtel, 1924), p. 414.

Sem tempos coordenados, as metrópoles, cidades e vilarejos funcionavam nos seus respectivos tempos, marcando uma individualidade que se manteve sem importância antes da estrada de ferro. Na Inglaterra, durante a década de 1830, a hora em Londres andava à frente de Reading por quatro minutos, marchava adiante de Cirencester por sete minutos e trinta segundos, e soava quatorze minutos antes de Bridgewater. Se você quisesse mostrar as horas no frontispício de um edifício central, precisaria mais do que um relógio.

[...]

Com as horas sendo marcadas em cada rua, havia a necessidade de métodos para ampliar indefinidamente o número de unidades que poderiam andar juntas – um fluxo de patentes que se seguiu aperfeiçoou os amplificadores de sinal e relés. A rede de tempo urbana de Berna foi inaugurada em 1890; melhorias, expansões e novas redes surgiram por toda a Suíça. Afinal, o tempo coordenado e preciso não apenas era importante aos passageiros das estradas de ferro européias e ao exército prussiano, mas também era igualmente crucial à dispersa indústria relojoeira suíça, que desesperadamente precisava meios de calibragem consistente.<sup>14</sup> Mas isso foi sempre uma necessidade prática, mais do que prática, uma necessidade material econômica urgente e um imaginário cultural.

[...]

E a maneira de conquistar o tempo era criar e até mesmo ampliar a rede elétrica, amarrá-la a um relógio-mestre, conectado a um observatório que dirigiria os relés que multiplicariam os sinais e enviariam as correções automáticas aos relógios dos hotéis, das esquinas das ruas, das torres das igrejas, pelos continentes. Associada em parte a Favarger, estava uma companhia que tinha por objetivo sincronizar a rede de Berna. Quando, em 1º de agosto de 1890, Berna acertou os ponteiros dos seus relógios de maneira coordenada, a imprensa saudou o fato como uma "revolução dos relógios"

O texto na íntegra encontra-se na Revista Ciência & Ambiente – Einstein. n. 30, v. 1. Janeiro/Junho de 2005.

## Anexo B – Texto atividade 2 do site FISQUIM

# SCIENTIFIC AMERICAN Brasil

Gosto 7 Tweet 3

Assine e receba também as edições especiais!

Assine  
Compre essa edição  
Assinatura digital  
Sumário

Aula Aberta | Blog | Multimídia | Artigos | Reportagens | Notícias | Agenda | Índice Remissivo

## Notícias

### Ar condicionado para economizar energia e salvar vidas

Novas tecnologias podem reduzir o crescente gasto de energia em climatização e refrigeração

Por David Biello

À medida que o calor do verão cede ao clima mais ameno do outono nos Estados Unidos, o ar-condicionado é mais luxo que necessidade. Mas a demanda de ar fresco e seco durante períodos quentes está em ascensão — e não só por causa do aquecimento global.

Os Estados Unidos gastam aproximadamente 185 bilhões de quilowatts/hora de energia por ano em refrigeração domiciliar, mais que qualquer outro país do mundo.

Paralelamente, as vendas globais de aparelhos de ar-condicionado estão aumentando em torno de 20% ao ano sob liderança da China e da Índia, as novas nações afluentes.

Diante disso, a pergunta é: como combatemos o calor sem intensificá-lo com a queima de combustíveis fósseis, que causa o aquecimento global, para alimentar os aparelhos de ar condicionado?

A Agência de Projetos de Pesquisa Avançada para a Energia dos Estados Unidos, mais conhecida como ARPA-E, espera resolver a questão ao reduzir a energia necessária para alimentar os condicionadores de ar.

"O ar condicionado tem uma ineficiência inerente", diz Cheryl Martin, vice-diretora da ARPA-E. "Ele está por toda parte e é um enorme sumidouro de energia".

Os aparelhos convencionais utilizam clorofluorocarbonetos (os famigerados CFCs) para absorver o calor do ambiente a ser refrigerado. Esse calor é lançado para fora, para o ar livre, por meio de bombas elétricas e compressores.

Uma ideia para conservar energia é substituir os fluidos e gases de arrefecimento, que frequentemente contribuem fortemente para o efeito estufa, capazes de reter calor mil vezes mais que o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), por materiais sólidos como o telureto de bismuto.

Um novo dispositivo da empresa Sheatak, desenvolvido em parte com financiamento da ARPA-E, utiliza eletricidade para fazer com que um sólido termelétrico absorva calor e poderia resultar em aparelhos de ar-condicionado e refrigeradores mais baratos.

Esses pequenos refrigeradores compactos, desprovidos de partes móveis (e, portanto, menos propensos a enguiçar), podem ser vitais em áreas rurais remotas para manter medicamentos frios e os alimentos frescos.

Outra abordagem é empregar membranas especiais para resfriar o ar através da condensação de água. Essas tecnologias estão sendo desenvolvidas por empresas como a ADMA e a Dais Analytic Corp.

Após um financiamento inicial da ARPA-E esses sistemas ganharam o apoio da Marinha dos Estados Unidos, que exige aparelhos de ar-condicionado e desumidificadores eficientes tanto para as tropas como para os equipamentos em "hotspots", áreas de conflitos como o Iraque e o Afeganistão.

"Uma melhoria de 30% por cento na eficiência desses aparelhos significa 30% menos combustível para transportá-los até o front", observa Martin, acrescentando que o programa da Marinha visa unidades que usem de 20 a 50% menos combustível. "A economia (de custos) é importante, mas o que realmente os interessa são os comboios, é salvar suas vidas".

Uma vez que essas tecnologias de membranas sejam desenvolvidas com financiamento militar, elas poderão se tornar mais eficientes do ponto de vista de custo para os grandes sistemas de refrigeração utilizados em edifícios comerciais e, futuramente, em escritórios e residências.

Como resultado, após um estímulo de dois anos, a ARPA-E não está mais financiando esforços para o desenvolvimento de aparelhos de ar-condicionado, nem mesmo de inovações tecnológicas mais radicais que ainda implicam em mais pesquisa e aprimoramento, como a refrigeração com ondas sonoras ou imãs. "Essa ainda é uma área importante", diz Martin. "Eu não me surpreenderia se ela fosse retomada no futuro".

Condicionadores de ar mais eficientes podem proporcionar uma refrigeração que poderia ser vital para pessoas que tentam se adaptar a ondas de calor mais extremas no futuro, tanto faz se é nos Estados Unidos ou na Índia.

Enquanto isso, até o prédio de escritórios da ARPA-E, perto de Washington, D.C., se esforça para deixar seus funcionários confortáveis com mais eficiência, sem resfriar o edifício excessivamente. "Nós somos a turma da eficiência energética e temos luzes que acendem e apagam automaticamente (quando registram a presença de uma pessoa), mas como qualquer outro edifício lutamos com o aquecimento e a refrigeração", declara Martin. "Ficarei muito grata quando 'essas coisas' estiverem disponíveis e pudermos aperfeiçoar os sistemas facilmente".



Elir. Sanchoes/Shutterstock

A demanda por condicionadores de ar tende a aumentar em decorrência do aquecimento global.