

# TÓPICOS EM CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

VOLUME V

Frederico Celestino Barbosa

Tópicos em ciências exatas e da Terra

5ª ed.

Piracanjuba-GO  
Editora Conhecimento Livre  
Piracanjuba-GO

5ª ed.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Barbosa, Frederico Celestino  
B238T Tópicos em ciências exatas e da Terra

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2023

191 f.: il

**DOI:** 10.37423/2023.edcl733

**ISBN:** 978-65-5367-340-3

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. matemática 2. física 3. química 4. geociências 5. ciências-da-computação I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 30

<https://doi.org/10.37423/2023.edcl733>

**O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.**

# EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

## Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

MSc Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

**Editora Conhecimento Livre**

**Piracanjuba-GO**

**2023**

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>7</b>
EXPERIÊNCIAS NO ENSINO DE INFRAESTRUTURA DE REDES DE COMPUTADORES E ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES	
Nelson Augusto Oliveira de Aguiar	
Leia Fernandes de Assis	
Milkes Yone Alvarenga	
Maria Inês Lopes Brosso Pioltine	
<b>DOI 10.37423/230507700</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>21</b>
UM RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE A CONTRIBUIÇÃO DA DISCIPLINA “ATIVIDADES COMPUTACIONAIS” NA FORMAÇÃO ACADÊMICA DOS ALUNOS DE MESTRADO	
Tailor Raniere Waiandt	
Sanan Zambelli Sylvestre Candido	
Marcelo Esteves de Andrade	
Ricardo de Abreu Toribio	
Carla F. S. da Conceição	
Crislane Tavares Machado	
<b>DOI 10.37423/230507710</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>34</b>
NANOTECNOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO: UMA ALTERNATIVA SIMPLES E DE RELEVÂNCIA	
Leda Maria	
Suelen Rocha Botao Ferreira	
Welberth Santos Ferreira	
<b>DOI 10.37423/230507734</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
ESTRATÉGIAS PARA A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE ENERGIA NO ENSINO MÉDIO E A AUTONOMIA ESTUDANTIL	
Adriel Fernandes Sartori	
Cleide Matheus Rizzatto	
<b>DOI 10.37423/230507756</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>52</b>
O ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA UTILIZANDO HISTÓRIAS EM QUADRINHOS	
Franklin José Bomfim Ramos	
<b>DOI 10.37423/230507761</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>66</b>
FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE FÍSICA: A CONTRIBUIÇÃO DOS INSTITUTOS FEDERAIS DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA	
Marcos Paulo Quibao Filho Jonny Nelson Teixeira Conceição Gabriel Prestes Laíze Batista do Nascimento Santos <b>DOI 10.37423/230507771</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>75</b>
O MOVIMENTO LÓGICO E HISTÓRICO DA ÁLGERA E GEOMETRIA DOS NÚMEROS COMPLEXOS	
Duelci Aparecido de Freitas Vaz Jolmar Ferens Mariana Kenes Marques Ana Cecília Gonçalves Resende Anna Carollyna Torquato Ferreira <b>DOI 10.37423/230507772</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>90</b>
O USO DO EXPERIMENTO PÊNDELO SIMPLES E SISTEMA MASSA- MOLA: UMA ESTRATÉGIA METODOLÓGICA COM BASE NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	
Amanda Conrado Lima Gilson Mauriz Gomes Marco Aurélio Clemente Gonçalves Tatiane Rodrigues de Moura Mauriz Mariele Regina Pinheiro Gonçalves <b>DOI 10.37423/230507786</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>101</b>
O ENSINO DE FÍSICA NA FORMAÇÃO DOCENTE INICIAL EM CIÊNCIAS DA NATUREZA: ANÁLISE DE UM CURSO	
Franciele Braz de Oliveira Coelho Janaína Viário Carneiro Fabiana Gomes Guntzel <b>DOI 10.37423/230507787</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>114</b>
DIVULGAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS PARTINDO DE INTERCONEXÕES ENTRE CIÊNCIA E ARTE	
Ricardo Meloni Martins Rosado Riama Coelho Gouveia <b>DOI 10.37423/230507793</b>	

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>125</b>
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM AULAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL I – UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA.	
Roberto Soares da Cruz Hastenreiter	
Brenner Railbolt	
André Luis Tato	
<b>DOI 10.37423/230607838</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>137</b>
RELATO DE EXPERIÊNCIAS DA MUDANÇA DO PROFESSOR À MUDANÇA DOS MESTRANDOS	
Althyeris Marion Venturin	
Cibele Kemeicik da Silva Machado	
Alice Viviane Leles	
André Cezarino Loose	
Emmanuel Marcel Favre-Nicolin	
<b>DOI 10.37423/230607839</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>148</b>
SOBRE A SEGUNDA LEI DE NEWTON: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES A PARTIR DOS LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO	
Gilvan Oliveira Rios Maia	
<b>DOI 10.37423/230607848</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>162</b>
A INTRODUÇÃO DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DE SIMULADORES COMPUTACIONAIS DIDÁTICOS: UMA PERSPECTIVA NEUROCIENTÍFICA	
Milton Alves Gonçalves Junior	
Mônica Borges Gomes	
<b>DOI 10.37423/230607849</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>175</b>
OSCILADOR HARMÔNICO VIA MECÂNICA MATRICIAL DE HEISENBERG: UMA PROPOSTA PARA A GRADUAÇÃO	
Celio Marques	
Gilmar de Souza Dias	
Ozeias Maurício Pereira	
Thiago Luiz Antonacci Oakes	
Helder Hipólito Chávez Sánchez	
Mauricio Gomes Das Virgens	
<b>DOI 10.37423/230607850</b>	

# Capítulo 1



10.37423/230507700

## EXPERIÊNCIAS NO ENSINO DE INFRAESTRUTURA DE REDES DE COMPUTADORES E ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES

*Nelson Augusto Oliveira de Aguiar*

*Universidade São Judas Tadeu*

*Leia Fernandes de Assis*

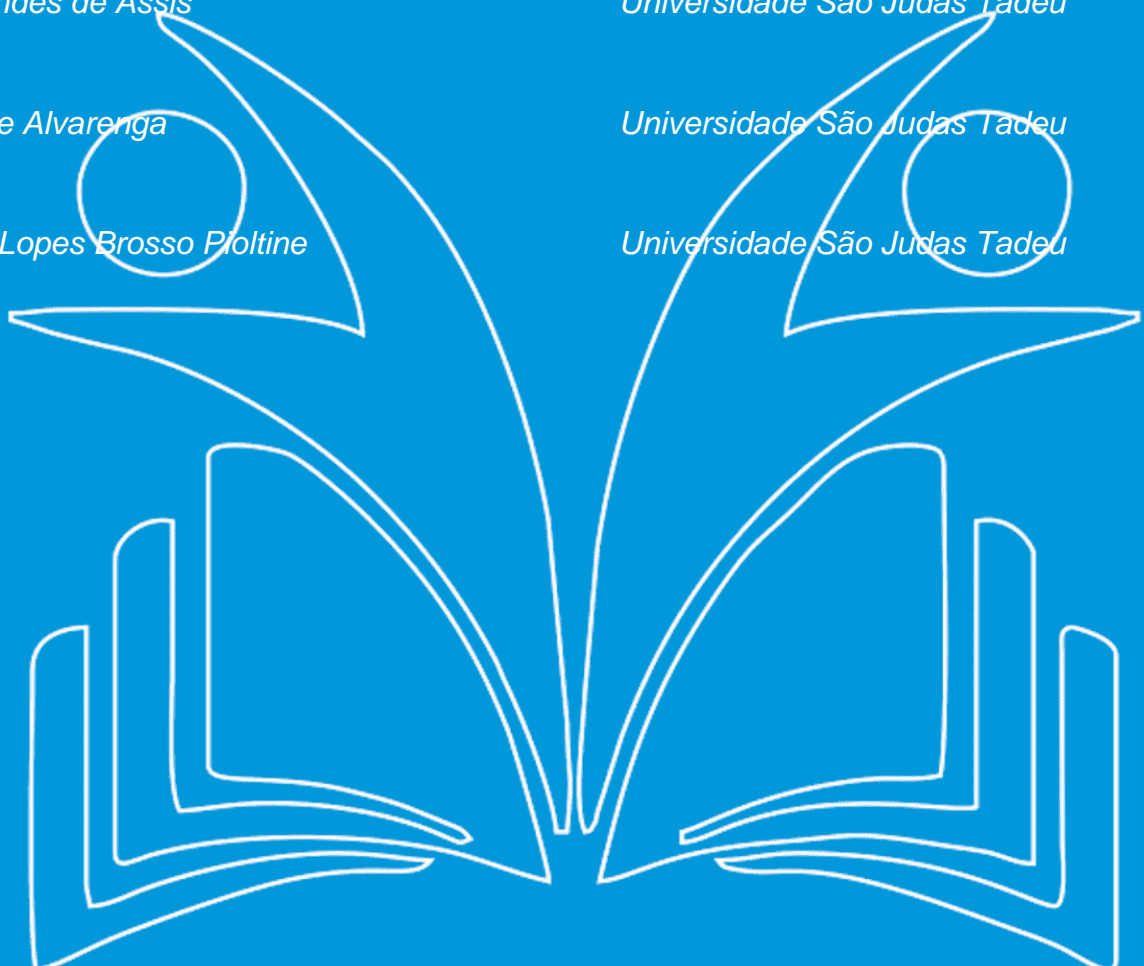
*Universidade São Judas Tadeu*

*Milkes Yone Alvarenga*

*Universidade São Judas Tadeu*

*Maria Inês Lopes Brosso Píoltine*

*Universidade São Judas Tadeu*



## INTRODUÇÃO

Com a avanço da tecnologia e os seus impactos tanto nas demandas de mercado quanto na exigência da educação para formar os profissionais que o mercado em constante evolução exige, o ensino de áreas importantes para estes profissionais tais como a Infraestrutura de Redes de Computadores e Arquitetura e Organização de Computadores têm ganhado relevância nos Cursos de Graduação das áreas de Tecnologia da Informação (TI) e Computação, por abordarem recursos imprescindíveis para atender as demandas de comunicação, armazenamento, processamento e conectividade das empresas e instituições.

No contexto de formação destes componentes curriculares - Infraestrutura de Redes de Computadores e Arquitetura e Organização de Computadores - vários desafios são encontrados pelos docentes junto aos alunos ao ministrá-las. Como exemplo, pode-se citar:

- alguns alunos ingressam na faculdade sem conhecer as diferentes áreas da tecnologia e computação e já possuem o objetivo definido de trabalhar apenas com software e, portanto, apresentam pouco interesse;
- alguns alunos acreditam que entender o funcionamento do hardware, com todos seus componentes, e das redes de computadores é uma tarefa “muito difícil” e “complicada”;
- alguns alunos apresentam dificuldades para aprender conceitos menos triviais como, por exemplo, detalhes da execução de instruções pelo processador, endereçamento de memória, endereçamento IPv4 e IPv6, métodos de roteamento, entre outros.

Outros fatores podem também ser citados como prováveis dificultadores do aprendizado, tais como [1]:

- a forma como o processo de ensino-aprendizagem é comumente realizado: excesso de teoria e pouca ênfase na prática, poucas aulas em laboratório;
- a falta de participação em eventos da área, que permitam ampliar as experiências e conexões, bem como a percepção dos estudantes em relação às possibilidades de atuação envolvendo a área;
- a falta de proximidade e relacionamento com empresas que atuam ou demandam profissionais da área.

Desta forma, se faz necessário um planejamento cuidadoso do processo de ensino-aprendizagem que além de potencializar o desenvolvimento das habilidades previstas para a área do conhecimento em questão, também considere as dificuldades e oportunidades citadas anteriormente.

O presente trabalho visa apresentar e discutir um relato de experiências com o ensino de Infraestrutura de Redes de Computadores e Arquitetura e Organização de Computadores na Universidade São Judas Tadeu, Campus Mooca.

Em 2019, o Grupo Ânima Educação iniciou a elaboração de uma matriz curricular inovadora orientada por competências e fundamentada pelo currículo integrado, chamada de Matriz E2A (Ecosistema Ânima de Aprendizagem), baseada nos pilares: trajetória personalizada com flexibilidade, foco no projeto de vida e na carreira dos estudantes e docentes mentores.

*“Em um currículo integrado, a organização dos conhecimentos rompe com a fragmentação provocada pelas disciplinas, estabelece conexões entre conhecimentos centrais à formação e constitui a unidade curricular (UC), definida como a unidade mínima do currículo” [2].*

Nessa matriz, os objetivos da aprendizagem e o foco do que será ensinado é agrupado em Unidades Curriculares (UCs), ao invés de disciplinas, sendo uma abordagem que valoriza principalmente a integração do conhecimento e não do conteúdo [3].

Para o desenvolvimento das habilidades fragmentadas, nas até então conhecidas disciplinas de Infraestrutura de Redes de Computadores e Arquitetura e Organização de Computadores, foram definidas, respectivamente, duas Unidades Curriculares denominadas Ambientes Computacionais e Conectividade (ACC) e Sistemas Computacionais e Segurança (SCS).

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é compartilhar experiências no ensino das Unidades Curriculares de Ambientes Computacionais e Conectividade e Sistemas Computacionais e Segurança cujas ementas englobam o desenvolvimento das habilidades previstas nas disciplinas de Infraestrutura de Redes de Computadores e Arquitetura e Organização de Computadores. O intuito é contribuir com a apresentação de métodos e procedimentos didáticos que possam auxiliar os docentes destas áreas no planejamento do ensino, na aplicação de práticas de aulas mais efetivas e em uma interação entre professores e alunos que promovam melhor aprendizagem dos estudantes.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O planejamento do ensino das UCs de Ambientes Computacionais e Conectividade e Sistemas Computacionais e Segurança é pautado pela busca de incentivar o aluno a desenvolver a auto aprendizagem, o raciocínio crítico e o estímulo à investigação na busca de soluções condizentes com as demandas reais do mercado de trabalho. A metodologia utilizada para as aulas adota conceitos de sala de aula invertida, com menos aulas expositivas, e com a proposta de oferecer aulas mais participativas, produtivas, e com perspectiva de promover maior engajamento dos alunos nos tópicos abordados. As propostas pedagógicas apresentadas neste instrumento, envolvem o desenvolvimento baseado em competência [4][5] [6], provendo uma forma flexível de aprendizagem, voltada para trabalho em equipe, que permite fomentar as habilidades socioemocionais.

Com este cenário, o docente desempenha o papel de mediador e facilitador que apresenta a sequência didática dos experimentos, mas sem oferecer um roteiro pronto, permitindo assim que os alunos descubram o melhor caminho e solução, ainda que para isso, tenham que passar por tentativas e erros e que, posteriormente, realizem uma avaliação desse processo.

Os docentes fazem provocações sobre o tema em estudo, levantam debate e reflexões com o objetivo de moldar um perfil acadêmico científico que parte da curiosidade para o pensamento crítico. Dessa forma, contribuem para a formação acadêmica e profissional dos estudantes na medida em que tentam prepará-los para os questionamentos e exigências que encontrarão junto ao mercado de trabalho.

As aulas acontecem semanalmente em laboratórios de informática com a disponibilidade de softwares e simuladores para que os alunos possam utilizá-los nas atividades da aula.

## O PROJETO

Ambas as unidades curriculares são cursadas em um mesmo semestre durante o qual há o desenvolvimento de um projeto que contempla e ajuda a integrar o conhecimento adquirido pelos estudantes nestas duas UCs. Este projeto visa trazer uma solução completa para uma empresa, em relação aos seguintes itens:

- *Arquitetura e Organização de computadores*: os estudantes devem realizar um levantamento completo, minuciosamente detalhado, dos equipamentos e da configuração dos computadores da empresa e avaliar quanto a adequação, custo-benefício, necessidade de manutenção (upgrade ou troca) e eventual aquisição de novos computadores, periféricos e

dispositivos tecnológicos. Caso a empresa seja nova, devem ser propostos todos os novos equipamentos.

- *Redes de computadores:* deve ser realizada uma análise e um levantamento de informações identificando e descrevendo detalhadamente vários aspectos da infraestrutura da rede. Dentre eles, a topologia de rede, os equipamentos utilizados na comunicação, verificação se a empresa está adequada às normas do cabeamento estruturado, a rede wifi, endereçamento ip, utilização de vlan, entre outros. Após o levantamento, é feita a análise e montada uma documentação com as indicações de eventuais melhorias para a rede, justificando cada item colocado para a empresa.
- *Segurança da informação:* deve ser preparado um documento identificando as principais vulnerabilidades da segurança da informação para a empresa em questão, as ameaças e os impactos. Deve-se elaborar a Matriz (tabela) de riscos, o plano de contingência e avaliar a segurança nos equipamentos e na borda da rede. Adicionalmente, deve ser criado um documento de boas práticas para os funcionários.
- *Serviços em nuvem:* deve-se propor uma solução viável de armazenamento e serviços em nuvem para a empresa, realizando pesquisa dos serviços, vantagens e desvantagens das opções possíveis.

Os alunos são separados em grupos e cada grupo desenvolve o projeto com uma empresa distinta recebendo orientação e supervisão semanais dos professores das UCs e de gestores e funcionários da empresa escolhida.

Um cronograma com entregas parciais do projeto é acordado entre as partes envolvidas e estabelecido. Os estudantes são advertidos quanto à necessidade de cumprirem os prazos descritos no cronograma e cada atraso ocorrido deve ser devidamente justificado.

Ao final do semestre, os projetos são avaliados e apresentados em evento com todos os demais projetos de outros cursos de outras áreas, chamado Expo São Judas [7]. Nesta ocasião, cada grupo realiza a apresentação final do projeto e recebe a avaliação dos professores e de representantes das empresas envolvidas. Os melhores trabalhos recebem premiações e destaque.

## DUALIDADE E CURSOS DE EXTENSÃO

A aprendizagem dos alunos com os conhecimentos sobre Infraestrutura de Redes de Computadores e Arquitetura e Organização de Computadores vai além dos mapeamentos das ementas e do que é ministrado na aula. Ela se estende ao longo dos cursos de extensão e de dualidades que proporcionam experiências singulares. Por dualidade compreende-se:

*“O Ensino Dual integra universidade e mundo do trabalho, que passam a atuar em conjunto na formação dos estudantes, possibilitando o desenvolvimento de habilidades e competências essenciais para os desafios das profissões e mercado de trabalho” [8].*

Na área de TI e Computação, a dualidade é realizada com as Big Techs como Cisco, AWS, Microsoft, Google, IBM, Oracle e Red Hat que são parceiras do Ecossistema Ânima de Aprendizagem, de forma que os alunos são estimulados a se capacitarem por meio de suas formações.

Ao cursarem as UCs de ACC e SCS, os estudantes devem realizar trilhas formativas compostas por treinamentos de uma ou mais Big Techs citadas. As trilhas oferecidas são definidas a cada semestre pelos professores das UCs que selecionam 2 ou 3 treinamentos para comporem cada trilha de acordo com a afinidade dos conteúdos dos treinamentos às ementas das UCs. O aluno deve realizar os treinamentos de pelo menos uma trilha, sendo aprovado nos testes e/ou provas para fazer jus aos certificados correspondentes.

A cada semestre, são oferecidos cursos de extensão que, muito frequentemente, abordam conteúdos mais específicos ou complementares das temáticas das UCs. Os alunos são incentivados a realizar esses cursos e obter, desta maneira, uma capacitação em infraestrutura em apenas um semestre.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A metodologia empregada nas aulas das UCs, baseada no conceito de sala de invertida, facilita o envolvimento dos alunos com os conteúdos ministrados, pois os estudantes deixam de ser meros ouvintes e espectadores passivos para participarem do debate e movimento que deve levar a uma construção final do conhecimento. Ocorre, em paralelo, dois caminhos de aprendizagem que se cruzam: por um lado, os alunos estão buscando meios para resolverem os desafios que lhes foram apresentados nas aulas e, por outro, os professores das UCs estão avaliando quais práticas pedagógicas e atividades se mostraram mais eficazes para o ensino. Com efeito, a cada início de semestre os professores dessas UCs se reúnem para troca de experiências, avaliação e planejamento das UCs.

A realização do projeto tem um papel de destaque no ensino destas UCs trazendo vários ganhos para aprendizagem, formação e carreira profissional dos estudantes. Dentre eles, pode-se citar:

- permite aplicação direta da teoria abordada nas aulas, possibilitando que o aluno reconheça sua importância e verifique sua habilidade de usar o que aprendeu para resolver problemas reais;
- incentiva pesquisa e instiga o aluno a buscar informações para elaborar soluções gerando o progresso do conhecimento na área constantemente;
- coloca o aluno em contato com problemas reais e lhe permite vivenciar experiências profissionais junto à empresa escolhida. Muitas vezes, este contato produz outros resultados positivos como uma oportunidade de estágio na empresa. Durante a Expo São Judas, ocorre a entrega final do projeto em um documento que inclui todas as indicações e justificativas do que foi realizado. Os estudantes realizam uma apresentação explicando os principais pontos do projeto, o que lhes permite conhecer a importância de documentar as ações realizadas em uma empresa e também começar a expor seu trabalho para outras pessoas, aprendendo a falar em público, defendendo pontos de vista e aceitando sugestões de melhorias. Nesta ocasião, fazem contatos com representantes das empresas, recebem feedbacks sobre seus projetos e podem ganhar novas perspectivas do mercado de trabalho.
- permite desenvolver as habilidades socioemocionais, trabalhando aspectos de empatia, organização, comunicação e trabalho em equipe. Os alunos formam grupos para desenvolver o projeto e são orientados para dividir tarefas, gerenciar suas atividades, colaborar com seus pares e ter atenção com os prazos estipulados. A cada entrega parcial do projeto, os estudantes devem individualmente se auto avaliarem e relatar uma nota de sua participação naquela entrega. Isso os leva a refletir sobre sua responsabilidade e postura diante do grupo que pertencem.

A dualidade é outra ferramenta de grande importância para o ensino das UCs em questão, pois lhes permite fazer treinamentos oferecidos pelas Big Techs e aprender a usar ferramentas profissionais que encontrarão no mercado de trabalho. Concluídos os treinamentos, os alunos recebem certificados que podem enriquecer seus currículos e melhor posicioná-los para concorrerem a vagas de trabalho nas empresas. É solicitado que os alunos realizem pelo menos uma trilha (composta por 2 ou 3 treinamentos). Cada aluno pode escolher a trilha com treinamentos de seu interesse e isso contribui para personalizar sua carreira. Essa mesma flexibilidade é dada para os cursos de extensão: os alunos

conseguem complementar e reforçar sua aprendizagem por meio destes cursos que lhes oferecem novos conhecimentos e “*insights*” da área conforme interesses e suas particularidades de desenvolvimento, o que possibilita a construção de um caminho de formação e aprendizagem customizado e personalizado.

O formato das aulas, o projeto e as práticas pedagógicas oferecidas permitem maior participação do aluno e são conduzidas com a intenção de que ele desenvolva o raciocínio crítico, ganhe autonomia na busca do conhecimento e seja o protagonista de seu aprendizado.

O fato dos alunos realizarem a maior parte das atividades destas duas unidades curriculares em grupo propicia para que alunos mais engajados possam influenciar e auxiliar aqueles com menos interesse ou com mais dificuldades.

Todo esse paradigma vem sendo delineado ao longo dos sucessivos semestres em que essas UCs têm sido ofertadas e, atualmente, já existe uma ideia bastante positiva sobre elas entre os alunos e sobre suas oportunidades.

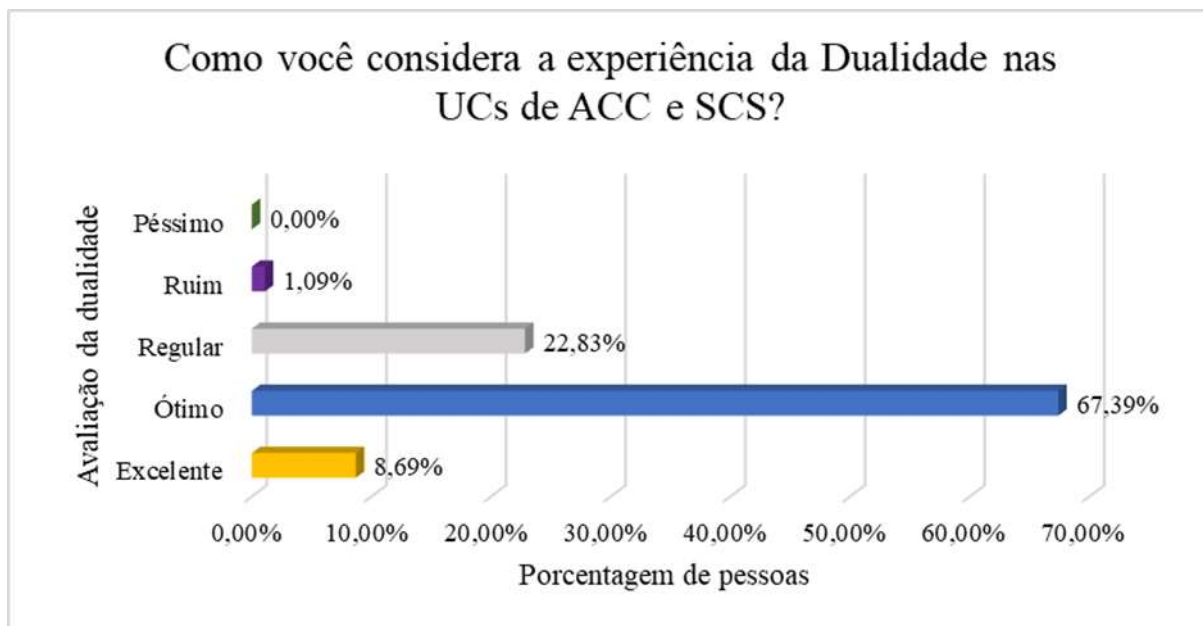
Para avaliar melhor o aproveitamento dos alunos com relação às UCs de ACC e SCS, foi realizada uma pesquisa, cujas perguntas figuram na Tabela 1, tomando uma amostra de 92 alunos que estavam cursando essa UC no 1o semestre de 2023.

**Tabela 1** - Perguntas do Questionário para avaliar aspectos da aprendizagem das Unidades Curriculares de Ambientes Computacionais e Conectividade (ACC) e Sistemas Computacionais e Segurança (SCS).

Questões	Respostas Possíveis
1) Como você considera a experiência da Dualidade nas UCs de ACC e SCS?	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Péssimo</li> <li>● Ruim</li> <li>● Regular</li> <li>● Ótimo</li> <li>● Excelente</li> </ul>
2) O quanto você acredita que a Dualidade nas UCs de ACC e SCS pode contribuir para uma colocação no mercado de trabalho?	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Não contribui</li> <li>● Contribuiu pouco</li> <li>● Contribuiu bastante</li> <li>● Contribuiu totalmente</li> </ul>
3) O quanto a execução do Projeto das UCs de ACC e SCS contribuiu para sua Aprendizagem?	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Não contribuiu</li> <li>● Contribuiu pouco</li> <li>● Contribuiu bastante</li> <li>● Contribuiu totalmente</li> </ul>

4) Quais pontos você acredita que a execução do Projeto das UCs de ACC e SCS contribuiu para sua Aprendizagem?	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Não contribuiu</li> <li>● Ajudou a criar mais consciência em pesquisa.</li> <li>● Ajudou a entender como usar justificativas para soluções propostas.</li> <li>● Ajudou a buscar saídas para problemas.</li> <li>● Ajudou a conhecer mais sobre a área.</li> </ul>
5- Como você avalia, em uma escala de 0 a 5, sua aprendizagem nas UCs de ACC e SCS (sendo 0 o menor nível de aprendizagem e 5 o maior nível de aprendizagem) ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 0</li> <li>● 1</li> <li>● 2</li> <li>● 3</li> <li>● 4</li> <li>● 5</li> </ul>

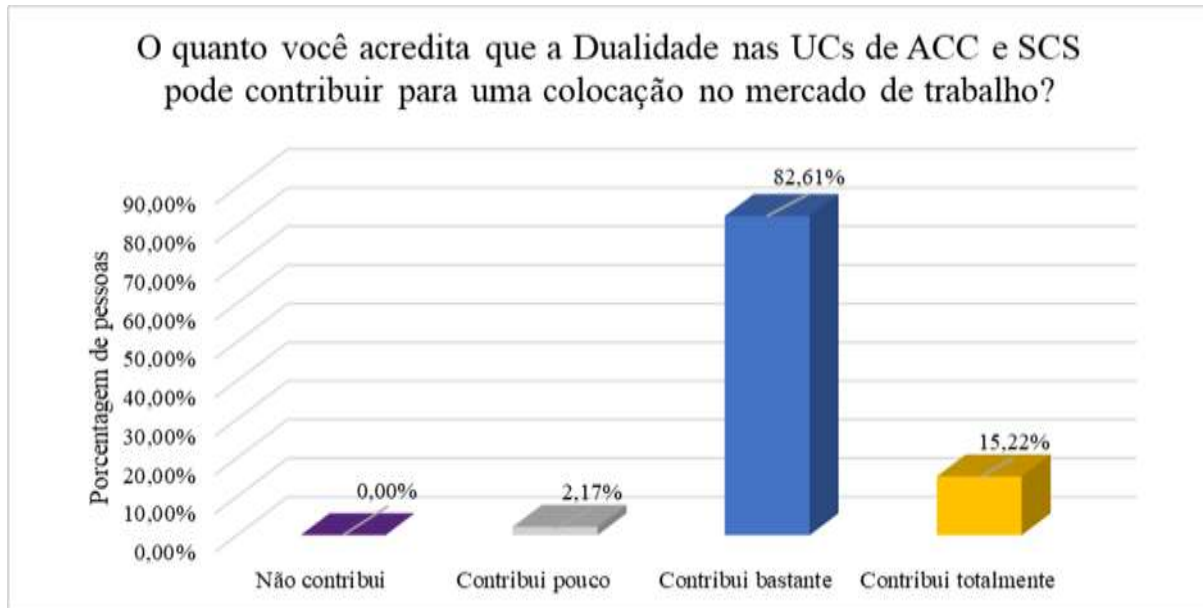
Como ilustrado na Figura 1, na primeira pergunta, “Como você considera a experiência da Dualidade nas UCs de ACC e SCS?”, mais de 76% dos alunos aprovaram a experiência. 67,39% responderam que a experiência foi ótima, 8,69% respondeu que foi excelente, 22,83% respondeu que foi regular e 1,09% respondeu que foi ruim.



**Figura 1** - Resultados obtidos como resposta da primeira pergunta do questionário aplicado.

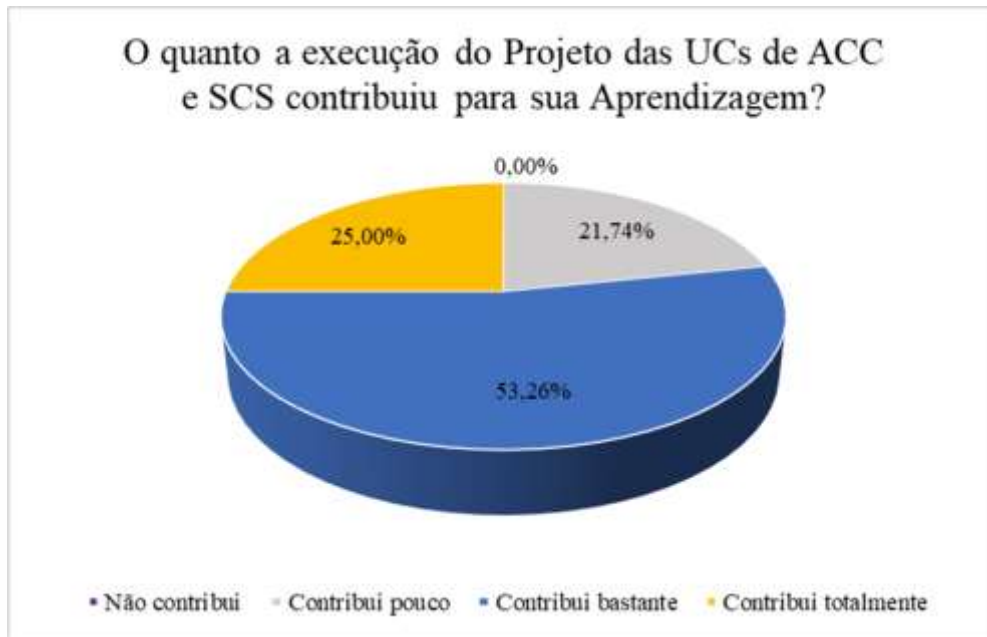
Mais de 97% dos alunos entrevistados concordaram que a experiência da dualidade pode contribuir para a colocação no mercado de trabalho (15,22% dos estudantes responderam que acreditam que

contribui totalmente e 82,61% responderam que pode contribuir bastante). Apenas e 2,17% responderam que contribui pouco. A Figura 2 apresenta esses resultados.



**Figura 2** - Resultados obtidos como resposta da segunda pergunta do questionário aplicado.

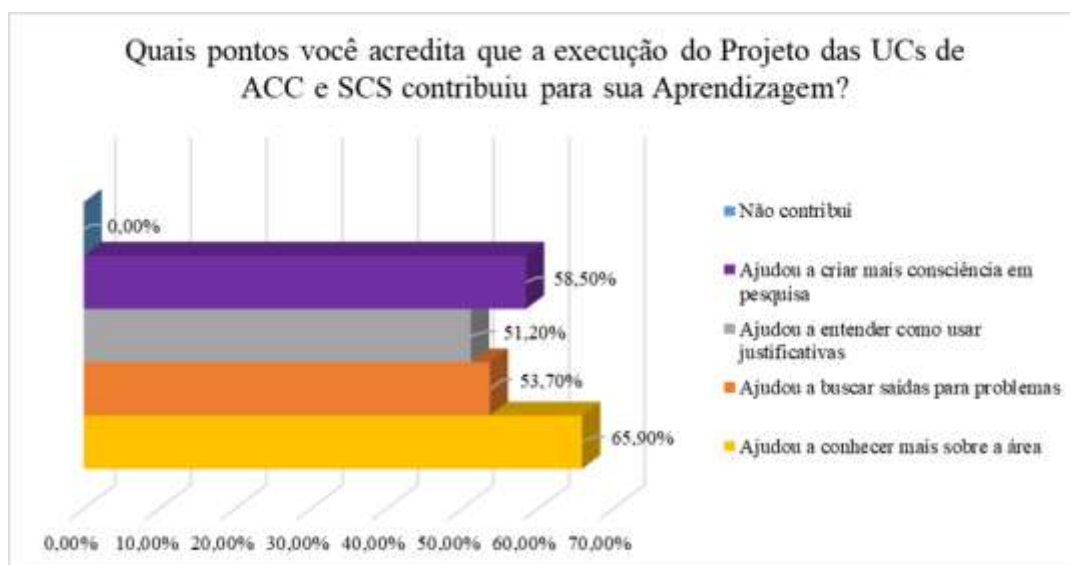
Conforme exposto na Figura 3, mais de 78% dos estudantes afirmaram que o projeto desenvolvido por eles durante o semestre, contribui bastante ou totalmente para o aprendizado das unidades curriculares (25,0% dos estudantes afirmaram que o projeto contribui totalmente para o aprendizado e 53,26% afirmaram que contribui bastante). Uma pequena parte dos estudantes (21,74%), por outro lado, responderam que o projeto contribui pouco. Vale lembrar que alguns alunos somente conseguem ter noção do que realmente foram capazes de aprender e fazer quando finalizam o projeto e ao tangibilizar o aprendizado com artefatos gerados. Todos estudantes respondentes (100%), reconhecem que o projeto contribui em alguma parcela para o aprendizado e nenhum estudante respondeu que o projeto não contribuiu em nada para sua aprendizagem.



**Figura 3** - Resultados obtidos como resposta da terceira pergunta do questionário aplicado.

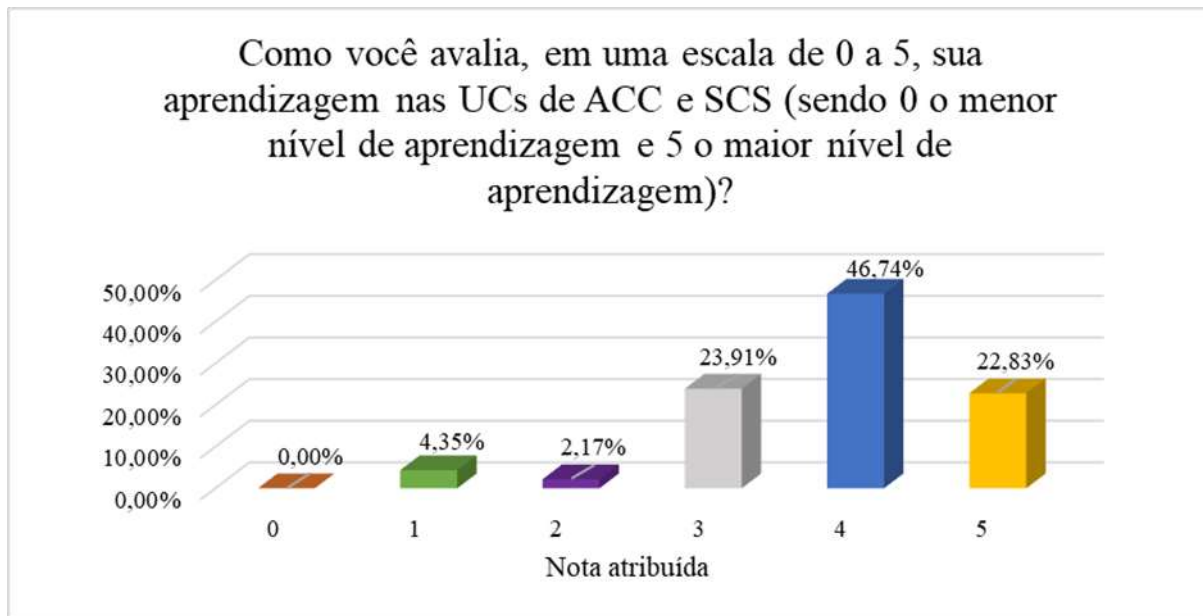
Na quarta questão, os estudantes poderiam escolher/assinalar quantas opções considerassem válidas sobre quais formas o projeto contribuiu para o seu aprendizado. Os resultados obtidos podem ser vistos no gráfico ilustrado na Figura 4, quais sejam:

- 65,90% dos estudantes acreditam que ajudou a conhecer mais sobre a área;
- 58,50% acreditam que ajudou a criar mais consciência em pesquisa;
- 53,70% que ajudou a buscar saídas para problemas;
- 51,20% que ajudou a entender como usar justificativas.



**Figura 4** - Resultados obtidos como resposta da quarta pergunta do questionário aplicado.

Na última questão respondida pelos estudantes, foi solicitado que atribuíssem uma nota - relacionada ao nível de satisfação - sobre sua aprendizagem nas duas UCs, sendo 0 a menor nota e 5 a maior. 93,48% dos alunos atribuíram notas 3, 4 ou 5 e 69,57% atribuíram notas 4 ou 5 e apenas 6,52% notas 2 ou 1. A Figura 5 apresenta os resultados obtidos para essa pergunta.



**Figura 5** - Resultados obtidos como resposta da quinta pergunta do questionário aplicado.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos e a aplicação da Dualidade como instrumento para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem das unidades curriculares em questão, têm proporcionado aos estudantes uma experiência enriquecedora e cujo conhecimento adquirido tem contribuído para um avanço na capacitação e formação não somente pensando no que o mercado exige, mas também trazendo o mercado para realizar e contribuir para esta formação. Interessante ressaltar que os alunos já conseguem não somente enxergar a sua importância, como também valorizá-la.

Além disso, o desenvolvimento do projeto na aprendizagem dos alunos desempenha papel significativo, permitindo-lhes desenvolver diferentes habilidades e avançar no conhecimento e aplicação de conceitos ligados às temáticas destas duas UCs. A vivência e experiência fortalecida pelos projetos, como também pelos cursos de extensão, permitem ao estudante se desenvolver não somente profissionalmente, mas também como indivíduo e cidadão, possibilitando inclusive entender melhor o seu propósito e do profissional que se torna no mundo e na sociedade. Isto é viabilizado por

meio das comunidades de aprendizagem, construídas a partir dos grupos de trabalho e relacionamentos com o mercado e a sociedade envolvendo problemas e casos reais.

Adicionalmente, visando construir uma ambiente que possa gerar oportunidades de construir ou ampliar o *networking* na área para os estudantes, tanto por meio das diversas conexões promovidas pela comunidade acadêmica, pela diversidade de parceiros e também pela amplitude do próprio modelo de ensino, que rompe todas as barreiras, seja no âmbito regional, nacional ou mesmo internacional, a Expo Judas, visa principalmente criar uma oportunidade de crescimento profissional para os estudantes por meio da construção de um ambiente que lhes permitam mostrar e defender o projeto desenvolvido durante o semestre. Momento este que envolve a participação de empresas, profissionais de mercado - entre eles, diversos ex-alunos - e principalmente, recrutadores e caçatalentos, que contribuem para o desenvolvimento dos alunos e também viabilizam oportunidades reais, não somente de trabalho, mas também de visibilidade para o mercado [7].

Por fim, a utilização de diferentes instrumentos em conjunto para ensino e desenvolvimento das habilidades previstas em Infraestrutura de Redes de Computadores e Arquitetura e Organização de Computadores, no presente trabalho elencados por: a metodologia das aulas, o projeto, a Dualidade, os cursos de extensão e a Expo São Judas, são determinantes para desenvolver e motivar os alunos e para mantê-los engajados na busca de conhecimento e obtenção de um aprendizado satisfatório nestas áreas. E, acima de tudo, permite mostrar as possibilidades e potenciais da área, em termos de carreiras e oportunidades de atuação, gerando encantamento e perspectiva de um percurso nestas vertentes da tecnologia e computação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RAUEN, T. R. S. *Uma abordagem alternativa para ensino de redes de computadores*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, SC - 2003.
- [2] MANOCCHI, L. F.. Org. Fundamentos epistemológicos do E2A [livro eletrônico] - São Paulo: Anima Educação, p.9, 2022. 6540 kb ; PDF Bibliografia. ISBN 978-65-994006-9-8. Disponível em <<https://drive.google.com/file/d/1S3r-BJZr2iBjy7GF22lWeiYmJE9-oXxW/view>>. Acesso em: 06/05/2023.
- [3] CAMPOS, D. A.. Concepções Epistemológicas do Ensino para a Compreensão: enfoque globalizador e pensamento complexo. *Docência no Cenário do Ensino para a Compreensão: Avaliação*, v. 1, p. 4-20, 2010.
- [4] RAMOS, M. N. *A pedagogia das competências: autonomia ou adaptação?* São Paulo: Cortez, 2002.
- [5] SACRISTÁN, J. G. *Educar por competências: o que há de novo?* Porto Alegre: ArtMed, 2011.
- [6] DALLAN, E. M. C. Competências e Habilidades (ferramentas): Como planejar por competências. *Nova Escola: A Revista do Professor*. São Paulo. Setembro de 2000.
- [7] EXPO SÃO JUDAS. Disponível em <<https://www.usjt.br/expo/>>. Acesso em 30/04/2023.
- [8] CAMPOS, D. A. *et al. Ensino Dual*. Anima Educação, 2023. 6540. Disponível em <<https://animaeducacao.sharepoint.com/sites/orbita/SitePages/Programa-Dual-de-Imers%C3%A3o-Profissional.aspx>>. Acesso em: 12/03/2023.

## Capítulo 2



10.37423/230507710

# UM RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE A CONTRIBUIÇÃO DA DISCIPLINA “ATIVIDADES COMPUTACIONAIS” NA FORMAÇÃO ACADÊMICA DOS ALUNOS DE MESTRADO

*Tailor Raniere Waiandt*

*Centro Universitário Venda Nova do Imigrante*

*Sanan Zambelli Sylvestre Candido*

*Secretaria de Estado de Educação do  
Espírito Santo*

*Marcelo Esteves de Andrade*

*Instituto Federal do Espírito Santo - Cariacica*

*Ricardo de Abreu Toribio*

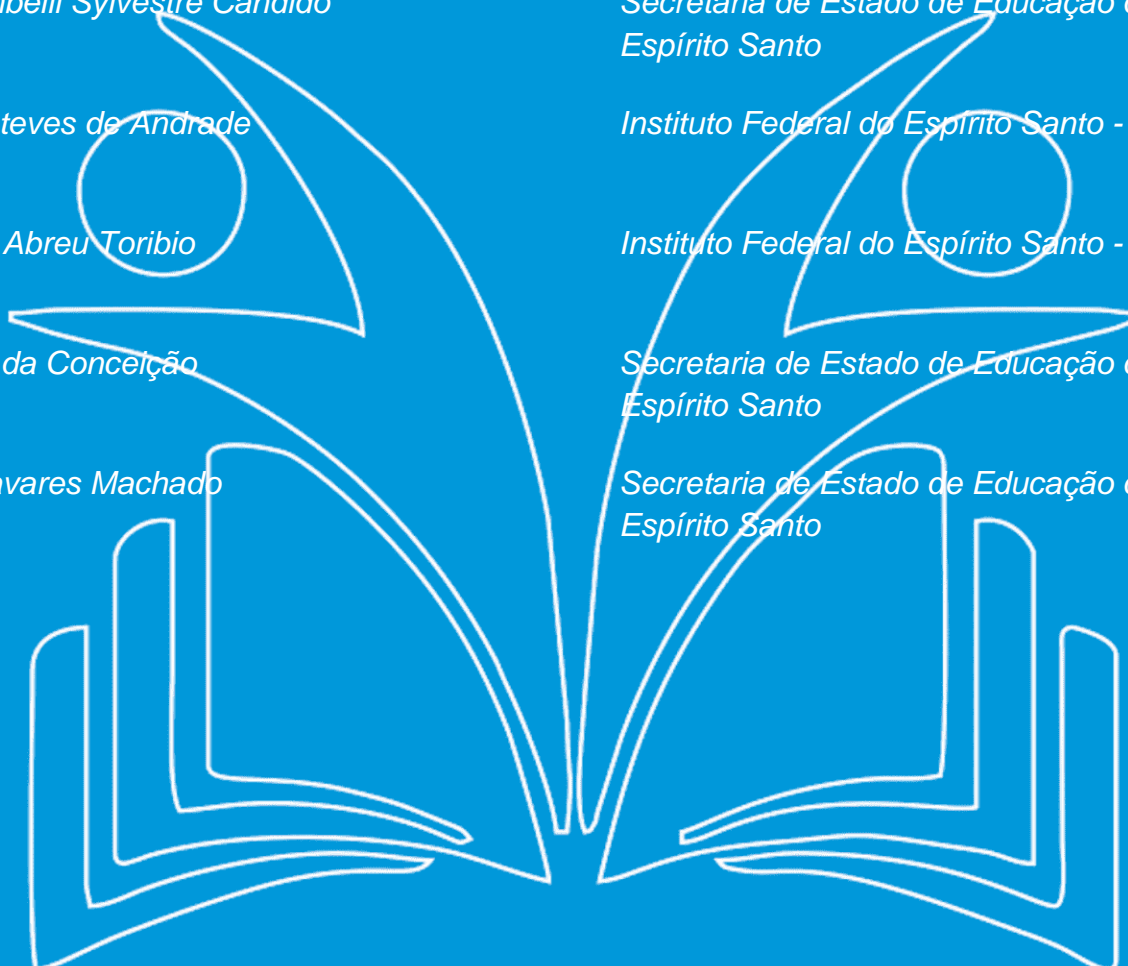
*Instituto Federal do Espírito Santo - Guarapari*

*Carla F. S. da Concelção*

*Secretaria de Estado de Educação do  
Espírito Santo*

*Crislane Tavares Machado*

*Secretaria de Estado de Educação do  
Espírito Santo*



**Resumo:** *O presente trabalho se propõe a relatar as contribuições da disciplina “Atividades Computacionais” ministrada no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo 33, Ifes Cariacica, na formação de seus alunos. Nesta disciplina foram apresentadas atividades tecnológicas com o objetivo de serem inseridas e usadas pelos mestrandos em sala de aula, principalmente no Ensino Médio, e assim servirem como instrumento de dinamização e diferenciação das metodologias utilizadas pelos mesmos. Neste trabalho apresenta-se uma síntese da metodologia utilizada, as ferramentas utilizadas, as intervenções realizadas pelos mestrandos, e as descrições dos resultados destas intervenções.*

**Palavras-chave:** Atividades computacionais; aulas dinâmicas; Ciências da Natureza.

## 1.INTRODUÇÃO

O uso das diversas tecnologias em sala de aula é consenso quando se discute a modernização das práticas pedagógicas em sala de aula, sendo um dos principais desafios relacionados à transposição didática do ensino por experimentação com apoio computacional, a falta de preparação do professor tanto em relação à utilidade pedagógica das tecnologias disponíveis, como em relação ao conhecimento do seu manuseio apropriado.

As atividades trabalhadas na disciplina de Atividades Computacionais ministrada no primeiro trimestre de 2018 no MNPEF - Ifes Cariacica, tiveram por objetivo diversificar e ampliar o leque de opções de ferramentas a serem utilizadas na produção de roteiros e sequências didáticas aplicáveis em salas de aula e a elaboração de intervenções a serem realizadas pelos mestrandos. Essa iniciativa vem ao encontro da recorrente necessidade de se promover aulas mais dinâmicas e potencialmente significativas para os alunos, em especial na área de Ciências da Natureza, sem desconsiderar a escassez de recursos para laboratórios específicos e a diminuta carga horária disponível para a realização de experimentos.

## 2.METODOLOGIA

A proposta trabalhada na disciplina com os mestrandos versou em uma sequência de atividades realizadas em diferentes plataformas, programas e aplicativos, descrevendo-se técnicas de manuseio e possibilidades de uso pedagógico. Também foram enumeradas as dificuldades encontradas na interação com a ferramenta, analisadas e discutidas as possibilidades de inserção nos ambientes escolares em que os mesmos se encontravam trabalhando. A disciplina foi apresentada em um modelo de trabalho embasado no Technological Pedagogical Content Knowledge - TPACK(Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo) (CIBOTTO & OLIVEIRA, 2017), sendo suas ferramentas exaustivamente discutidas e analisadas pelo mestre mestrandos, a fim de que, ao final do período letivo da disciplina, se fizesse possível compor um grupo de atividades a serem aplicadas em diferentes momentos e grupos de educandos.

Durante a disciplina foram utilizadas as seguintes ferramentas computacionais:

- **Simulações:** Uso do PhET, conjunto de simulações interativas gratuitas de Física, Matemática e Química de fácil interpretação pelo usuário, formuladas no intuito de envolvê-lo através de um ambiente intuitivo, proporcionando a aprendizagem através da exploração e da descoberta.

- **Software Modellus:** software livre criado para fins educacionais na área de ensino de ciências e matemática, que tem como objetivo básico a criação de animações através de uma estrutura matemática dada à um fenômeno natural por meio das equações matemática que o regem. Software este, de acesso gratuito em [www.modellus.com](http://www.modellus.com), sendo que a versão utilizada no trabalho foi a 4.01.
- **Luxímetro:** aplicativo desenvolvido para celulares Androids em que se mede a iluminância. Nesta atividade utilizou-se o aplicativo para celular de mesmo nome encontrado no Google Play ou no iTunes, entretanto pode ser usado outro aplicativo semelhante.
- **VidAnalysis:** aplicativo de celular multiuso, utilizado para o estudo e análise de fenômenos, cuja física e matemática existentes por trás delas atuam de forma combinada, mostrando-se capaz de analisar o movimento de objetos filmados pelo próprio celular ou compartilhados por outros dispositivos. As informações obtidas servem para a criação de diagramas dos valores das variáveis observadas.
- **Tracker:** software gratuito projetado para ser utilizado especificamente no Ensino da Física, utilizando-se da análise de uma sequência de imagens quadro a quadro para conhecer informações como a posição de um objeto no decorrer do tempo, para a elaboração de tabelas e gráficos.

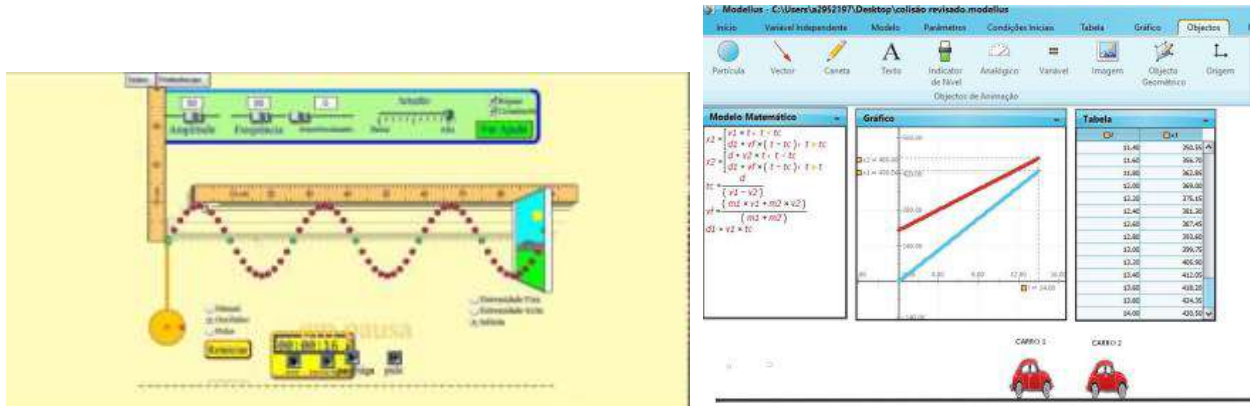
A ideia básica era que os mestrandos tivessem um contato inicial com a literatura sobre o uso pedagógico da tecnologia e em seguida criassem pequenas sequências de aulas baseadas em algumas destas ferramentas tecnológicas voltadas ou adaptadas para o ensino da Física e, a partir da análise destas sequências, pudesse existir uma discussão e reflexão sobre o seu uso no contexto da realidade das escolas. No final da disciplina os mestrandos deveriam desenvolver uma destas sequências e aplicá-las em suas turmas, realizando em seguida um relato, para todo o grupo, desta aplicação.

### 3.DESENVOLVIMENTO

Em um primeiro momento foi apresentado o framework TPACK como um possível referencial para a aplicação da tecnologia em sala de aula. Os mestrandos leram e apresentaram artigos sobre este modelo, e a partir daí foi realizada a discussão e reflexão sobre o tema.

O segundo passo foi dado com a apresentação de exemplos de ferramentas computacionais, sendo a primeira o PhET (ARANTES, MIRANDA & STUART, 2010), que foi apresentado acompanhado do uso e análise de um roteiro de atividades com questões abertas centrada na metodologia POE (Predizer, Observar e Explicar), com a qual os alunos puderam trabalhar e iniciar o seu manuseio.

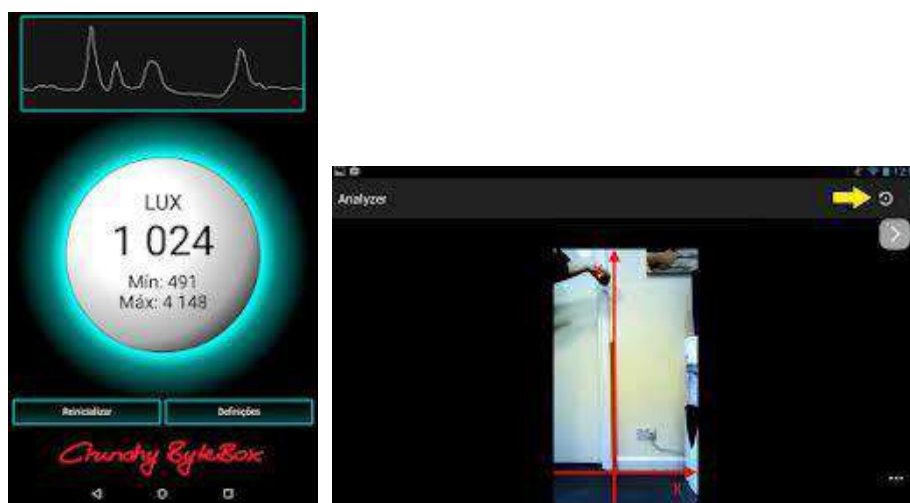
Seguiram-se as análises e debates em torno das ferramentas computacionais através da apresentação do software Modellus (ANDRADE, 2016), onde foram discutidas as possibilidades de construção de alguns modelos de simulações.



**Figuras 01 e 02:** Simulação PhET e Simulação do Modellus

Ao finalizar a apresentação de cada uma das ferramentas computacionais citadas, seguia-se a realização de uma roda de debates entre os mestrandos e seu professor, discutindo-se as dificuldades encontradas no seu manuseio e curiosidades inerentes a elas, objetivando seu uso dentro de um tema usado nas turmas de trabalho dos mesmos.

Semelhante prática ocorreu quando foram trabalhados os aplicativos para celular, entre eles o Luxímetro e o VidAnlysis, fazendo-se a demonstração e/ou o uso destes, realizando-se posteriormente as análises e debates entre mestrandos e professor, pontuando os aspectos inerentes ao manuseio e uso, os conteúdos por ele abrangidos e as formas possíveis de se abordar estes conteúdos por meio deste aplicativo em sala de aula.



**Figuras 03 e 04:** aplicativo Luxímetro e Estudo de queda livre com o VidAnlysis

Neste estágio dos trabalhos foi requerido aos mestrandos, como elemento componente da avaliação da disciplina, a elaboração de banners relatando a construção, de simulações com o software Modellus, realizadas durante as aulas ministradas, para a submissão no VI EPEFIS - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, realizado no primeiro trimestre de 2018, no Ifes Cariacica.

As últimas ferramentas a serem apresentadas foram o software Tracker, através da filmagem de uma queda livre de um objeto, edição e análise da imagem obtida em laboratório de informática, com posterior apresentação dos resultados e de gráficos, seguindo o molde utilizado anteriormente, e do aplicativo Plickers, do qual foi feita uma rápida análise através da simulação de seu uso.



**Figuras 05 e 06:** Estudo de queda livre com o Tracker e o Plickers

No momento final da realização das atividades, foi requerida a elaboração e aplicação, pelos mestrandos, de uma intervenção em que fosse apresentada uma ou mais ferramentas computacionais em suas salas de aula de trabalho, com posterior relato em sala de aula como forma de avaliação.

#### 4.RESULTADOS

Um dos resultados derivados das atividades realizadas na disciplina foi o fato de que, além de subsidiar-lhes um maior suporte para a rotina de trabalho em sala de aula, mostraram-se de grande auxílio na construção de projetos e relatos que foram expostos no VI EPEFIS realizado pelo IFES/Cariacica em junho do corrente ano sendo que, submissões para apresentação destes resultados em outros eventos estão sendo analisadas.

**Tabela 01:** Intervenções realizadas na disciplina

<b>Aluno</b>	<b>Tema</b>	<b>Descrição</b>
Mestrando 1	Proposta de Intervenção Investigativa para Ensino de Eletricidade em Corrente Alternada – Circuito Resistivo Indutivo (Circuito RL)	Utilizando o simulador Phet e ensino por investigação em eletricidade - CA
Mestrando 2	Uso da Astronomia na introdução do conceitos de ópticos através de simulação digital e construção de modelos no 9 ano do Ensino Fundamental da EEEFM José Vitor Filho	Uso simulação digital e construção de modelos de baixo custo para o estudo de conceitos ópticos
Mestrando 3	Modelizando o encontro de corpos em sala de aula: uma intervenção utilizando o software Modellus e o Plickers	Uso do software Modellus para observar uma situação de encontro de corpos, um em movimento uniforme e o segundo em movimento acelerado, analisando o processo e seus respectivos gráficos.
Mestrando 4	O Ensino de Física e Matemática numa sequência didática com o uso de simulador PhET para 8º ano do Ensino Fundamental	Uso do simulador Phet e experimentação para trabalhar conceitos de Velocidade Média e Equação de 1º Grau.
Mestrando 5	O uso dos objetos de aprendizagem no ensino de Física: PhET Colorado	Utilizando o simulador Phet e ensino por investigação em circuitos elétricos

## Proposta de uso do software Modellus como ferramenta para aplicação dos conceitos de Força de Atrito (Fat) e Movimento Uniformemente Variado (MUV)

Carla F. S da Conceição<sup>1</sup>; Sanan Zambelli Sylvestre Candido<sup>2</sup>; Marcelo esteves de Andrade<sup>3</sup>

(1) Mestranda em Física pelo Instituto Federal do Espírito Santo, Professora do Ensino Fundamental da SEDU. E-mail: [concei@igmail.com](mailto:concei@igmail.com)  
(2) Mestranda em Física pelo Instituto Federal do Espírito Santo, Professora do Ensino Fundamental e Médio da SEDU. E-mail: [sananzambelli@gmail.com](mailto:sananzambelli@gmail.com)  
(3) Instituto Federal do Espírito Santo. E-mail: [marcelo.andrade@ife.edu.br](mailto:marcelo.andrade@ife.edu.br)

### RESUMO DO TRABALHO

O presente trabalho é uma proposta de atividade a ser apresentada aos alunos do 1º ano do Ensino Médio em que é utilizado o Software Modellus para construção de simulações a serem usadas como ferramenta introdutória de conceitos de Física.

**Palavras-chave:** Modellus, Ensino Médio, Conceitos de Física

### INTRODUÇÃO

As diversas tecnologias existentes nos dias atuais abrem um leque de variadas opções de ferramentas a serem exploradas pelo professor no seu cotidiano em sala de aula e o uso de softwares como recurso auxiliar é uma destas situações, sendo que seu uso pedagógico tem como finalidade auxiliar e/ou introduzir um novo tópico que, junto aos saberes próprios dos educandos, poderá se tornar um novo conceito. O objetivo do presente trabalho é propor uma aplicação de uso de simulações construídas por meio do software.

### SOFTWARE MODELLUS

O software usado é um programa de livre acesso denominado Modellus, voltado para o uso educacional, em especial no ensino de Ciências e Matemática. Ele permite ao usuário alterar parâmetros da simulação ao ponto de reestruturar os cenários previamente apresentados de forma a adequá-los às novas proposições trazidas pelo professor.

### CONSTRUÇÃO DA SIMULAÇÃO

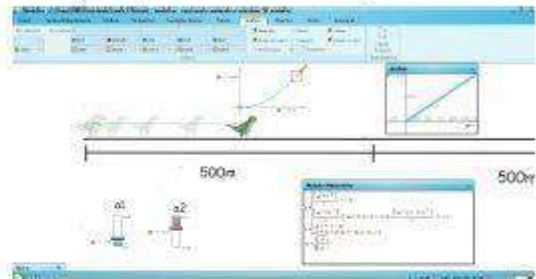
O trabalho foi dividido em duas etapas: a primeira envolveu a familiarização com o software e suas ferramentas, realizando-se a reprodução de uma simulação para ambientação com as ferramentas do programa modificando-se parâmetros e características prévias, por meio dos conceitos de Força de Atrito (Fat) e Movimento Uniformemente Variado (MUV).



Figuras 1. Primeira Simulação – Fat e MUV.

A segunda etapa envolveu uma sequência de atividades ligadas à construção propriamente dita da simulação com a introdução do modelo matemático, gráficos, tabela e o cenário. Nesta etapa foram trabalhados os conceitos de Movimento Acelerado e Retardado, para tanto foi necessário primeiramente determinar as equações a serem utilizadas no modelo matemático, suas condições e parâmetros. Isto feito foram estruturados os gráficos: o primeiro utilizando a aba Variável Independente, no qual escolheu-se o Tempo como parâmetro; o segundo – Posição x Tempo, foi construído com a ferramenta Caneta.

O passo seguinte foi a estruturação do cenário da simulação com determinação dos parâmetros a serem alterados pelos alunos.



Figuras 2: gráficos construídos.

### PROPOSTA DE APLICAÇÃO PARA A SIMULAÇÃO

A simulação construída poderá ser utilizada, entre outros exemplos, como parte de um roteiro de atividade elaborada com questões abertas, problemas abertos, que envolvam cálculos de variáveis e elaboração de tabelas ou ainda como parte integrante de uma atividade em grupo, como ferramenta de problematização em um sistema de estudo por instrução em pares.

Abaixo estão relacionados alguns exemplos de questões que podem ser utilizadas em roteiros de atividades, considerando-se a segunda simulação:

- ◆ Observe os gráficos descritos na simulação – Velocidade x Tempo; Posição x Tempo, e caracterize o movimento realizado pelo objeto na primeira metade do percurso e na metade final.
- ◆ Observando o gráfico da posição, qual função matemática melhor o define?
- ◆ Como se comportará a velocidade se mantivermos o tempo inalterado e os trechos percorridos em cada momento forem alterados para 750m e 250m?
- ◆ Altere os valores das acelerações,  $a_1$  e  $a_2$  ao seu critério. Agora faça a análise do gráfico da velocidade gerado.
- ◆ Explique as diferenças existentes nos comportamentos apresentados nos dois gráficos.

### REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. E. Simulação e modelagem computacional com o software Modellus: aplicações práticas para o ensino de física. Editora Livraria de Física, São Paulo, 2016.
- ARANTES, A. R., MIRANDA, M. S. & STUART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PHET. Revista A Física na Escola, v. 11, n.º 1, p. 27-31, abril, 2010.
- MEDeiros, A. & MAEDeiros, C. F. Possibilidades e Limitações da Simulações computacionais no Ensino de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n.º 2, p. 77-89, Junho, 2002.
- VEIT, E. A. & TEODORO, V. D., Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n.º 2, p. 87-98, Junho, 2002.

## MODELLUS, UMA INTERAÇÃO ENTRE ENSINO E TECNOLOGIA

Ricardo de Abreu Toribio<sup>1</sup>, Tailor Reniere Walandt<sup>2</sup>, Marcelo Esteves de Andrade<sup>3</sup>

<sup>(1)</sup> Mestrando em Física pelo Instituto Federal do Espírito Santo, Professor do IFES. E-mail: rtoribio@gmail.com  
<sup>(2)</sup> Mestrando em Física pelo Instituto Federal do Espírito Santo, Professor do Ensino Fundamental e Médio da SEDU. E-mail: talorwalandt@retnai.com  
<sup>(3)</sup> Instituto Federal do Espírito Santo. E-mail: marcelo.andrade@ifes.edu.br

### RESUMO DO TRABALHO

Nesse trabalho é um desenvolvimento computacional, com a utilização do Software Modellus. Seu objetivo é facilitar a aprendizagem pelo aluno dos conceitos abstratos envolvidos na colisão de dois corpos. Este modelo computacional busca, dentro de um contexto familiar aos alunos de Ensino Médio, desenvolver uma representação significativa do fenômeno físico envolvido quando da colisão de dois corpos.

**Palavras-chave:** Modellus, Ensino Médio, Conceitos da Física, Modelo representativo e colisões

### INTRODUÇÃO

Com o advento dos software para o ensino de Física, optamos entre outros, pela modelagem computacional através do MODELLUS. Por acreditar que esta seja uma excelente forma de proporcionar interação dos estudantes com os fenômenos físicos estudados, proporcionando uma construção mais sólida do conhecimento científico e desta forma significando melhor o modelo matemático em relação ao seu fenômeno.

Ao escolher o MODELLUS conseguimos desenvolver um modelo experimental baseado em seu respectivo modelo conceitual e seu modelo matemático de uma forma direta, ou seja, exatamente como o aluno aprendeu na sala de aula teórica.

A proposta para o ensino médio é dar oportunidade para que o aluno “brinque” com o simulador e se convença em primeiro momento do fenômeno físico representado pela animação, em segundo momento que esse fenômeno possa ser representado por um gráfico e em terceiro momento que existe uma lei matemática que rege e modela o fenômeno de forma muito fiel.

Este tipo de atividade é importante para que o aluno se familiarize com o sistema proposto de forma a auxiliá-lo a desenvolver o conceito do binômio massa/velocidade e sua relação com outro conjunto massa/velocidade (colisão de corpos).

### SOFTWARE MODELLUS

O Modellus é um software baseado na ideia de que o modo como é pensado num modelo matemático com papel e lápis deve estar tão próximo quanto possível do modo como se pensa no modelo com o computador. O Modellus permite a exploração de modelos que podem representar muito bem um fenômeno através de funções matemáticas. O utilizador tem a disposição “animações”, gráficos e tabelas como forma de visualização das bases para as grandezas do modelo. É possível também ao analisar vídeos ou imagem, fazer medições e obter valores que permitem construir modelos matemáticos.

### SITUAÇÃO DE SIMULAÇÃO

Diversas situações experimentais podem ser criadas para o estudo de colisão e conservação de momento linear. Optamos por modelar dois carros com velocidades diferentes e trajetória de mesma direção e sentido. Ou seja definimos dois carros com massas  $m_1$  e  $m_2$  com respectivas velocidades  $v_1$  e  $v_2$ . Na simulação podemos alterar, através dos botões, as massas e as velocidades e podemos também obter como resposta a velocidade do conjunto antes e após a colisão.

O aluno pode acompanhar tanto pelo gráfico como pela movimentação dos pontos materiais (representados pelos caminhos) as velocidades envolvidas no sistema, a considerar as velocidades antes da colisão e o movimento solidário após a colisão.

O aluno deve familiarizar-se com a construção modelo matemático proposto e sua referência nas aulas teóricas. E fazer previsões sobre o fenômeno envolvido

- a) Após a colisão o que acontece com a velocidade do conjunto, ele aumenta, diminui ou se mantém igual em relação a velocidade dos automóveis?
- b) Sabemos que a massa dos veículos influenciam na velocidade final do conjunto. Explique o que acontece com a velocidade do sistema se aumentar a massa do veículo 1 e diminuirmos a massa do veículo 2.
- c) Sabemos que a velocidade dos veículos influenciam na velocidade final do conjunto. Explique o que acontece com a velocidade do sistema se aumentar a velocidade do veículo 1 e diminuirmos a velocidade do veículo 2.
- d) Nesse tipo de colisão a velocidade do sistema muda e pode não haver conservação da energia cinética, entretanto o momento linear deve ser conservado. Será possível a mudança de quantidade de energia no sistema?

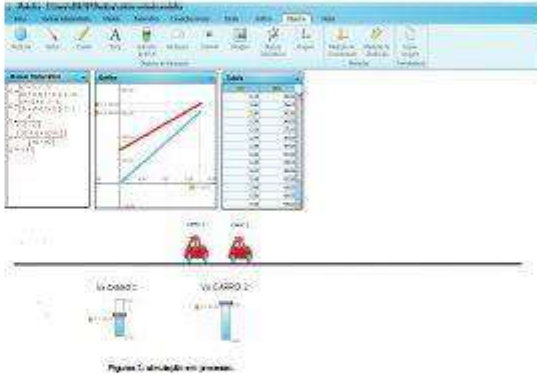


Figura 7: simulação em processo.

O passo seguinte é a validação ou reprovação das perguntas anteriormente respondidas. Para tanto o aluno deverá realizar a simulação e acompanhar a construção do gráfico, a evolução da tabela e o movimento dos carros, de forma a averiguar e analisar o movimento.

### RESULTADO ESPERADO PARA NA APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO

A simulação construída, parte dos conhecimentos prévios do aluno em movimento uniforme, força e energia, além de momento de inércia. A simulação poderá fazer parte de uma atividade em grupo, como ferramenta de problematização em um sistema de estudo objetivando a construção de um conhecimento significativo baseado em modelo matemático referenciado por simulação.

### REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. E. Simulação e modelagem computacional com o software Modellus: aplicações práticas para o ensino de física. Editora Livraria de Física, São Paulo, 2016.

Figura 07 e 08: Banners apresentados na VI EPEFIS

Outro resultado obtido foi o grupo de intervenções, construídas com simuladores computacionais, envolvendo diferentes temas conforme tabela 01 apresentada acima, sendo que os resultados destas intervenções estão relatados na tabela 2 a seguir.

**Tabela 02:** Resultado das Intervenções

Aluno	Tema
Mestrando 1	A intervenção partiu como uma novidade para os alunos, como uma opção às aulas expositivas teóricas. Para isso foi organizado tanto o laboratório de informática como o deslocamento dos alunos para a referida sala, fato que mesmo com a preparação prévia não ficou imune a imprevistos como inadequação do software nas máquinas para utilização do Phet e algum tumulto no deslocamento. A atividade investigativa demonstrou ser desafiadora e motivante aos alunos que invariavelmente tentaram cumpri-las. Quanto ao uso de simulador computacional (Phet), este demonstrou ser de enorme eficiência, já que o próprio aluno conseguia perceber seu equívoco teórico e propor alternativas ou ainda, solicitar auxílio ao professor. O engajamento dos alunos chegou a surpreender e mesmo alunos com
	dificuldades teóricas conseguiram fazer a atividade e também propor questões interessantes.
Mestrando 2	A apresentação da intervenção mostrou-se um divisor de águas para os alunos, tendo em vista que, acostumados à uma rotina de aulas tradicionais, viram-se engendrados em uma experiência completamente nova e instigante, que os obrigou a efetivamente debater os assuntos apresentados entre eles mesmos e com o professor, e também, a lidar com instrumentos computacionais de forma ativa e não somente como uma forma passiva observando seu uso. A partir deste ponto, passaram a questionar mais os temas apresentados nas aulas seguintes, a pedir novas aulas diferenciadas até mesmo sugerir a realização de uma amostra com projetos experimentais de sua escolha e visita à espaços onde poderiam entrar em contato em ambientes reais de estudo da Física, fazendo com que a dinâmica da apresentação da disciplina, que costumava ser vista como tradicional e sem muitos atrativos pelos alunos nos anos anteriores, sofresse uma transformação completa às vistas dos seus alunos, chamando a atenção até mesmo de alunos de outras turmas da unidade escolar, inclusive do Ensino Médio.
Mestrando 3	A utilização do Modellus em sala de aula demonstrou-se eficaz e eficiente, uma vez que foi possível observar uma potencial melhora na interação dos alunos com o conteúdo trabalhado. Durante a aplicação, devido a alguns problemas estruturais, algumas adaptações se fizeram necessárias, como por exemplo, não foi possível acessar a sala de informática da escola, desta forma a modelização foi apresentada aos alunos em exposição de data show, sem que possibilitasse o manuseio particular, por cada aluno ou grupo de alunos. Após a exposição da simulação algumas perguntas objetivas foram apresentadas aos alunos que por sua vez puderam expor sua opinião através do aplicativo Plickers, o que também gerou grande entusiasmo em grande parte dos alunos uma vez que eles observaram a inserção da tecnologia que utilizam diariamente, o celular, em uma aula. Assim, observou-se que a utilização da tecnologia em sala de aula potencializou o interesse de parte da turma, o que poderá vir a ser incrementado conforme a familiarização dos alunos com as novas tecnologias que educam.

<p>Mestrando 4</p>	<p>A proposta de intervenção apresentada aos alunos foi planejada para uma semana de atividades diferenciadas, na qual foi requerido o compromisso da presença dos mesmos nas aulas para a interação e compreensão do conteúdo. Ela se mostrou surpreendente tanto em relação à presença requerida, como na participação dos mesmos em cada atividade apresentada no curso da intervenção. Por alguns problemas técnicos no laboratório de informática os grupos ficaram maiores que o planejado, o que foi prontamente superado pelos alunos que se organizaram para cumprir as atividades, que envolveram prática experimental, tecnologia computacional e familiarização de diferentes linguagens, deixando-os engajados durante a intervenção que, após a experiência inovadora vivida, a cada novo conteúdo apresentado, questionam em que podem associar assunto do novo conteúdo estudados em outras disciplinas e como podem interpretar os significados de símbolos e palavras no enunciados dos exercícios propostos. Também foi importante o incremento da curiosidade deles, fazendo com que passassem a participar mais de qualquer atividade diferenciada em qualquer disciplina, bem como o interesse em visitas à feiras, exposições e ambientes fora da escola que possam fornecê-los compreensão de mundo.</p>
<p>Mestrando 5</p>	<p>A atividade foi proposta e desenvolvida em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio com uma breve conceitualização das leis de OHM e circuitos elétricos, posteriormente foi utilizado o “Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual – PhET Colorado” em conjunto com um questionário estruturado onde os alunos puderam prever, observar e explicar (Método POE) cada situação descrita. O processo de aprendizagem foi conduzido considerando-se o ritmo de cada educando, bem como, suas competências e alcances, personalizando-se a aprendizagem. A participação efetiva, a compreensão das atividades e a reação positiva da turma frente às atividades demonstrou dinamismo e aplicabilidade das tecnologias computacionais e das simulações virtuais.</p>



Figura 09 a 13: Fotos das intervenções - Mestrandos 1 , 2, 3, 4 e 5.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluída a disciplina, foi possível observar o crescimento dos mestrandos no que diz respeito à utilização das ferramentas computacionais e também na compreensão teórica e metodológica subjacente ao uso das mesmas. Dessa forma, o objetivo de diversificar e ampliar o leque de opções a serem utilizadas e incrementar seus conhecimentos sobre o assunto se mostrou possivelmente atingido com a construção e realização das intervenções descritas neste trabalho.

O objetivo de levar o tecnológico para a sala de aula, que anteriormente mostrava-se uma tarefa difícil, com o desenrolar das atividades passou a ser considerado mais próximo e menos complexo de ser atingido, tanto, que ao seu final, produtos puderam ser construídos e efetivamente aplicados.

A contribuição efetiva e positiva da disciplina se aclarou no crescimento demonstrado pelos mestrandos, constatado a partir do desenvolvimento e aplicação das intervenções, no desenrolar dos debates realizados e na intensa troca de informações ocorrida.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. E. Simulação e modelagem computacional com o software Modellus: aplicações práticas para o ensino de física. Editora Livraria da Física; São Paulo; 2016.
- ARANTES, A. R., MIRANDA, M. S. & STUART, N.; Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PHET. Revista A Física na Escola; v. 11; nº. 1; p. 27-31; abril; 2010.
- CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. Editora CENGAGE, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de Física. Coleção Ideias em Ação. Editora CENGAGE, 2010.
- CIBOTTO, R. A. G., & OLIVEIRA, R. M. M. A.; TPACK – Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo: uma Revisão Teórica. Imagens da Educação, v. 7, n. 2, p. 11-23, 2017.
- MEDEIROS, A. & MEDEIROS, C. F.; Possibilidades e Limitações da Simulações computacionais no Ensino da Física. Revista Brasileira de Ensino de Física; vol. 24; nº. 2; p. 77-86; Junho; 2002.
- NOGUEIRA, J. S.; RINALDI, C. Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva de aprendizagem significativa. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 517-522, dez. 2000.
- VEIT, E. A & TEODORO, V. D.; Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física; vol. 24; nº. 2; p. 87-96; Junho; 2002.

# Capítulo 3



10.37423/230507734

## NANOTECNOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO: UMA ALTERNATIVA SIMPLES E DE RELEVÂNCIA

*Leda Maria*

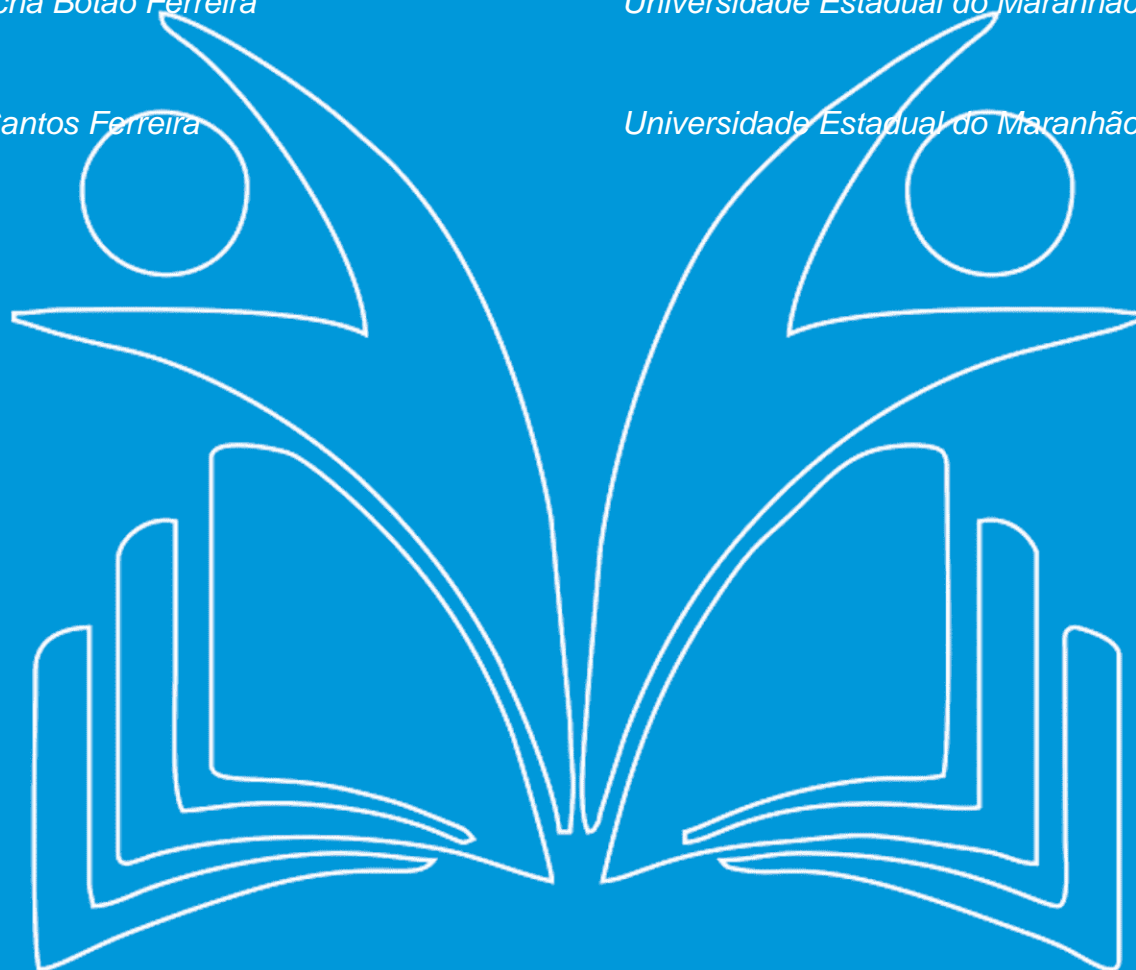
*Universidade Estadual do Maranhão*

*Suelen Rocha Botao Ferreira*

*Universidade Estadual do Maranhão*

*Welberth Santos Ferreira*

*Universidade Estadual do Maranhão*



**Resumo:** A ciência evidentemente teve muitos avanços nos últimos anos. Dentre os seus desenvolvimentos estão emergindo como áreas de grande destaque científico e tecnológico a nanociência e a nanotecnologia, que se baseiam na manipulação de materiais em escala nanométrica. Os cientistas veem o potencial da nanotecnologia para produzir benefícios ambientais e energéticos, como no caso de baterias que são mais eficientes e painéis solares que geram mais energia. Alguns dos avanços potenciais mais tentadores são observados na Medicina, como o possível uso de nanopartículas para isolar e eliminar tumores cancerígenos. Por ser um campo promissor, amplo e de grande impacto na sociedade, acaba-se por requerer a abordagem dessa temática no contexto escolar da educação básica, visto que, esse tema já é abordado no ensino superior. A questão seria como ensinar algo tão complexo para os jovens e a sociedade? A melhor maneira de ensinar nanociência e nanotecnologia seria começar a partir de algumas aplicações reais. Como exemplo, temos as nanopartículas do dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) que possuem uma gama aplicabilidade que vão desde fármacos à construção civil. É necessário ampliar a reflexão do aluno a respeito da importância do desenvolvimento sustentável. Neste trabalho estimulamos a curiosidade dos alunos pelo mundo nano e mostramos como em nesta escala os materiais se comportam de maneira diferente e suas aplicações.

**Palavras-chave:** nanociência, nanotecnologia, novas tecnologias.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a manipulação do elétron vem se tornando uma grande chave que ulteriormente abrirá uma porta que se encontra "fechada": a carga elétrica.

O controle do movimento ordenado da carga elétrica e seu respectivo fluxo surgem como estratégias para miniaturização de dispositivos [1]. Aliado a esse fato, se levarmos em conta a polarização de spin teremos a possibilidade de, em escala nanométrica, explorar as novas áreas da Física da Matéria Condensada, aparentemente distantes do ensino médio, que se encontra na parte final dos livros atuais de Física III e não são discutidos ou pela preocupação em findar a carga horária mínima ou por total desconhecimento do docente.

Dando continuidade podemos observar que, no âmbito tecnológico, a busca por materiais capazes de integrar duas ou mais propriedades físicas, concomitantemente, vem sendo um crescente, e denominados multifuncionais. A multifuncionalidade pode ser abordada no ensino médio, uma vez que todos os alunos são possuidores de celulares (dispositivos multifuncionais) [2].

O termo nano significa anão. Para verificarmos algo nessa escala necessitaríamos de um microscópio, uma vez que o olho humano só forma imagens maiores que 10 mil nanômetros [3].

Através da nanotecnologia somos capazes de manipular estruturas atômicas visando o estudo/obtenção de novas propriedades sejam elas: mecânicas, estruturais, eletrônicas, ópticas e magnéticas abrindo um mundo de oportunidades, tais como: criação de novos produtos com vasta aplicabilidade tecnológica [4].

Quando se fala em nanociências, qualquer pessoa pode de início citar algum conceito pela etimologia da palavra, já que ciência é um termo já disseminado em qualquer meio. Nanociência significa obter conhecimento de algo que é extremamente pequeno quando comparamos com nossas percepções diárias por se tratar de algo na ordem de grandeza de  $10^{-9}$ . Significa pegar 1 metro e dividi-lo por 1 bilhão.

A nanociência abriu diversas opções para o mercado tecnológico e conseqüentemente para fabricação de nanomateriais. Nesse caminho, as necessidades crescentes de armazenar e transferir informação em dispositivos a escala nanométrica e a taxas temporais extremamente rápidas conduziram a procura de novos materiais multifuncionais.

A nanotecnologia e a nanociência fazem parte de um par poderoso que tem por objetivo a criação de novos materiais com características peculiares para aplicação nas diversas áreas do conhecimento,

quando se manipula materiais nessa dimensão alguns efeitos importantes podem ser explorados, os efeitos quânticos e gravitacionais, propriedades ópticas (resposta a estímulo luminoso), forças atômicas e moleculares nos trazendo assim os nanomateriais.

Ao se manipular materiais em escalas nanométricas trabalhamos com uma Física diferente da que se utiliza usualmente, as leis da Mecânica Clássica não são mais suficientes para um estudo completo dos fenômenos que ocorrem, necessitando assim de leis físicas mais abrangente que possam interpretar esses fenômenos, sendo assim passamos de um estudo macroscópico para um microscópico, Mecânica Quântica [5].

Hoje o mundo nano nos presenteia com a possibilidade de criarmos computadores muito mais velozes aos que conhecemos atualmente, os computadores quânticos, tintas que não arranham e confeccionar roupas autolimpantes.

Em relação a pintura pode-se utilizar a óptica para obtenção das cores, isso porque em escala nanométricas os materiais reagem diferentes a interação com a luz, na segurança seria possível a construção de coletes a prova de bala mais leves e resistentes, os medicamentos poderiam ser utilizados produzindo um baixo ou nenhum efeito colateral, aplicações no esporte como por exemplo na fabricação de raquetes para tenistas, onde podem ficar mais leves e resistentes, hoje em dia já ocorre a produção de telas OLED's que são muito mais finas, baratas e economizam mais energia do que as de LCD ou LED e apresentam uma incrível flexibilidade, sem danificar a tela [6]. Com vastas aplicações no dia a dia a nanociência e a nanotecnologia entraram na aposta dos investimentos de vários países. Dentre eles estão os Estados Unidos, Japão e alguns países Europeus. Neste trabalho tentamos reunir informações que caracterizem a nanotecnologia e despertar nos discentes o pensar científico para esta área.

## 2. METODOLOGIA

A fim de sondarmos o conhecimento dos discentes a despeito da nanotecnologia estabelecemos um questionário com as seguintes perguntas?

2.1 Tens ciência do significado de nanotecnologia?

2.2 Tens ciência do significado de nanociência?

2.3 Existe diferença entre nanociência e nanotecnologia?

2.4 Qual a importância deste estudo no ensino médio?

2.5 Os docentes tratam de assuntos atuais relacionados à Física?

2.6 No laboratório de Física experimental o professor contextualiza, sempre, sempre que possível, ou nunca?

2.7 Você conseguiria relacionar nanotecnologia com algum assunto já visto nas aulas de Física?

2.8 Esse estudo poderia ser ampliado nas disciplinas de Química e Biologia, ou alguma outra?

2.9 Em sua opinião, este assunto pode vir ser explorado no Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM?

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o lançamento dos questionários apresentamos as principais respostas apresentadas pelos discentes: “Desconheço o tema”, “Não existe relação entre nanociência e nanotecnologia”, “Este tema não será discutido no ENEM”, “O professor nunca contextualiza”. Na realidade, muitos não sabiam o significado da palavra contextualizar. Dando continuidade, uma porcentagem pequena afirmou que tinha ciência e sabia da relação entre Física, Química e Biologia.

Respaldados, que a introdução a Mecânica Quântica pode ser uma realidade dos livros de Ensino Médio, propomos a discussão da Nanotecnologia visando um despertar científico nos jovens, entrelaçado à formação de recursos humanos com conhecimento apurado em Física Aplicada no âmbito teórico e experimental.

### 4. CONCLUSÃO

Portanto, o papel que a nossa pesquisa desenvolveu foi fundamental para os discentes do terceiro ano cogitarem apresentar em sua Feira Cultural um trabalho relacionado a nanotecnologia, nanociências, nanomateriais e ulteriormente discutir suas aplicações em meios biológicos, nos denominados nanobiomateriais.

## REFERÊNCIAS

- [1] ANERSON, Chris - Makers: A nova revolução industrial. Crown Business, 2014.
- [2] CONCI, Aura. Computação gráfica – Geração de imagens. Campus, 2003. cap. 2, p. 38. (Série, nº 7).
- [3] C. Joachim e L. Plévert, Nanociências: A Revolução Invisível. (Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, 2009), p. 164.
- [4] P.A.B. Schultz, A Encruzilhada da Nanotecnologia: Inovação, Tecnologia e Riscos (Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 2009), p. 21-28.
- [5] H.E. Toma, O Mundo Nanométrico: A Dimensão do Novo Século (Oficinas de Textos, São Paulo, 2009).
- [6] R.B.Azevedo, Nanotecnologia: Introdução, Preparação e Caracterização de Nanomateriais e Exemplos de Aplicação, Artliber Editora Ltda, São Paulo, 2006.

# Capítulo 4



10.37423/230507756

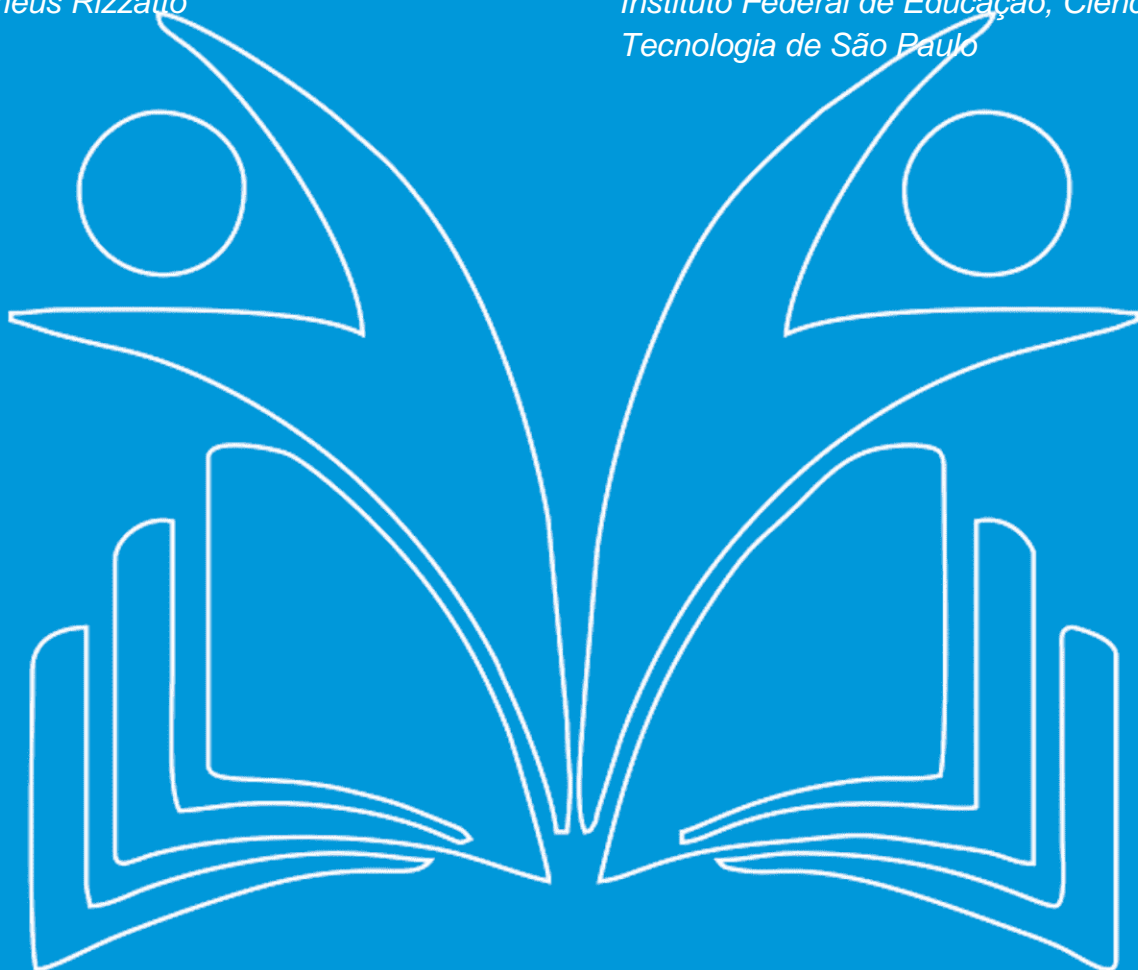
## ESTRATÉGIAS PARA A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE ENERGIA NO ENSINO MÉDIO E A AUTONOMIA ESTUDANTIL

*Adriel Fernandes Sartori*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de São Paulo*

*Cleide Matheus Rizzatto*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de São Paulo*



**Resumo:** *Os autores apresentam aqui um relato de experiência de ensino sobre a temática "Energia trabalho e potência". O trabalho traz a descrição dos passos tomados, desde o planejamento até a completa aplicação e posterior coleta de impressões dos estudantes sobre a metodologia aplicada. As atividades aqui descritas foram aplicadas a 78 (setenta e oito) educandos do segundo ano do ensino médio integrado aos cursos técnicos de Química e Automação, na faixa etária dos 15 a 16 anos, em uma escola pública federal na cidade de Suzano - SP. O foco do trabalho realizado em sala foi o ensino da temática "energia", no âmbito do desenvolvimento de competências como estabelecimento de relações, identificação de invariantes e transformações, em conformidade com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002). O desenvolvimento do trabalho foi balizado pela teoria da aprendizagem significativa, de David Ausubel, que ressalta a importância daquilo que o aluno já sabe como essencial para a construção de novos conceitos, além de levar em conta a importância do desenvolvimento da autonomia estudantil. No trabalho com o conteúdo, foram realizadas atividades diversas, na tentativa de ampliar o escopo avaliativo. A primeira atividade foi a proposição da leitura de um texto de Richard Feynman (FEYNMAN, 2008), seguida por uma atividade de perguntas e respostas sobre o mesmo (chamada oral ou quiz), para a semana seguinte foi proposta a pesquisa de notícias em meios de divulgação, como terceira atividade foi pedida pesquisa em objetos educacionais virtuais, em outra semana os educandos foram avaliados pela preparação e apresentação de slides e seminários. As atividades avaliativas culminaram com a participação dos educandos na elaboração da avaliação individual e escrita que fariam naquele bimestre sobre o tema e posterior trabalho com os erros na avaliação. Toda a diversidade metodológica aplicada permitiu que se alcançasse os educandos em diferentes especificidades e, como a avaliação foi realizada como um todo, sendo pontuadas as atividades semana a semana, o peso, subjetivo e objetivo da prova escrita foi diminuído. Acredita-se na possibilidade de replicação desta prática, eventualmente com algumas adaptações focadas na realidade de cada escola.*

**Palavras-chave:** Energia, Ensino de Física, Ensino Médio.

## INTRODUÇÃO

A experiência docente nos diz que a disciplina de Física no Ensino Médio é vista por grande parte dos educandos como uma das mais árduas, malfadadas, estigmatizadas, quiçá mal compreendidas do Ensino Médio. Essa característica somada às grandes diversidades e heterogeneidades de educandos encontrados em salas de aula parecem fazer do Ensino de Física, no mínimo, um desafio a ser cumprido.

As diversidades e heterogeneidades presentes nos educandos parecem pedir heterogeneidade e diversidade na aplicação de avaliações, visto que há aqueles que bem desenvolvem uma avaliação individual escrita, mas há por outro lado os que desenvolvem melhor uma apresentação de seminário, por exemplo.

Durante o desenvolvimento das atividades aqui descritas, o foco dos professores foi justamente a diversidade e possibilidades de aprendizagens diferentes em sala de aula. Um projeto sabidamente ambicioso, mas igualmente promissor.

A intenção dos professores foi de apresentar aos educandos, ao longo de um bimestre letivo, várias formas possíveis de avaliação e ao final eles teriam a nota do bimestre composta por essas avaliações independentes, atreladas pela temática abordada.

O relato a seguir descreve um bimestre de atividades de Física aplicadas no segundo ano do Ensino Médio de uma instituição de ensino pública da cidade de Suzano - SP.

A instituição conta com quatro turmas de Ensino Médio integrado ao técnico, duas dessas turmas estão cursando o segundo ano e foram sujeitos dessa prática com um total de 78 educandos. Há três professores que lecionam Física na instituição, dos quais dois participaram na elaboração desta prática. Por vezes ambos os professores dividiam a aula, por vezes se dedicavam a tarefas complementares, mas os educandos tinham liberdade para tirar suas dúvidas com um ou outro professor, ou os dois juntos.

## JUSTIFICATIVA

O Ensino de Física é sabidamente permeado por desafios diversos, alguns inerentes à própria matéria a ser lecionada, outros inerentes aos educandos e à faixa etária do Ensino Médio.

Em relação a estes últimos, os professores perceberam, ao aplicar uma atividade no primeiro bimestre de 2017, que os educandos começaram a se mobilizar para a realização da atividade solicitada apenas alguns dias antes da data final de entrega, o que resultou em um trabalho muito aquém do esperado.

Ao perceber a necessidade de oferecer um estudo orientado aos educandos, não somente no que tange o conteúdo mas também a forma de estudo, os professores perceberam que deviam orientar o assunto a ser pesquisado e as ações a serem tomadas, mas equilibrar esta orientação com liberdade de escolha dos estudantes, como forma de estimular a autonomia estudantil, tema de estudos diversos cuja problemática foi bem levantada por Helen E. Buckley, em seu texto "O menininho".

Surgiu então a proposta aqui apresentada, que consistiu em introduzir a temática de energia, solicitar um seminário para ser apresentado como trabalho bimestral e criar um cronograma com avaliações semana a semana, como forma de incentivar a contínua pesquisa ao longo do bimestre, evitando de acumular conteúdo e afazeres.

Para o planejamento da metodologia, foi levada em conta a Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, que considera a "organização de ideias em uma área particular do conhecimento" (MOREIRA, 2011).

A aprendizagem significativa, para Ausubel, é um "processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo", um subsunçor. (MOREIRA, 2011).

Como estratégia para tornar relacionáveis os novos conteúdos a serem ensinados com a estrutura cognitiva prévia dos educandos, os professores optaram por abordar o conceito de energia de diversas formas, ora focando em uma abordagem mais prática, ora focando em uma abordagem mais teórica, variando também as ferramentas e estratégias para isso, como descrito a seguir.

### **Metodologia**

A prática em questão foi aplicada durante o segundo bimestre letivo de 2017, com início em meados de Abril, quando foi explicada a dinâmica para as salas e culminou no final de Junho, com a aplicação de uma avaliação escrita individual.

O tema central explorado pela prática foi a "Energia, trabalho e potência". Temas de central importância no estudo da Física e com desdobramentos conceituais por vezes complexos, estas palavras isoladamente já carregam pré-concepções por vezes diferentes das desejadas nas mentes dos estudantes, assim como para qualquer pessoa que não domina os assuntos em Física. O primeiro

desafio encontrado foi "como entrar com este assunto, de forma que os conceitos na forma que serão apresentados durante as aulas sejam assimilados pelos estudantes da melhor maneira possível".

Esta proposta, de facilitar uma aprendizagem significativa na prática, por si só já seria desafiadora o bastante. Além da busca pela aprendizagem em si, os professores se depararam com outro desafio, por sua vez relacionado a questões disciplinares dos educandos.

O termo "disciplinares" não carrega aqui o sentido de bagunça ou ordem, mas o sentido de autorregulação nos estudos individuais e realização de tarefas. Quando se diz que os educandos não tinham disciplina nos estudos, é porque por si só eles teriam dificuldade em lidar com um pedido de apresentação de trabalho cuja elaboração adequada levasse quase os dois meses do bimestre. Marcar uma data e dar prazo longo para os educandos, só os fazia correr com a preparação e pesquisa nas últimas semanas, resultando em um trabalho aquém do esperado e não condizente com o prazo dado para preparação. Essa constatação decorreu de outra atividade realizada no primeiro bimestre, com essas mesmas turmas, dentro dos moldes "uma data, longo prazo". Assim sendo, o trabalho de pesquisa que os educandos teriam 2 meses para preparar foi dividido em vários pequenos trabalhos de prazo semanal.

Como trabalho final foi solicitado que os educandos apresentassem um seminário com o tema "energia". Como as possibilidades são muito amplas, eles tiveram liberdade para escolher qual aprofundamento seria dado, mas teriam que ter isso decidido logo nas primeiras semanas, ou seja, se o grupo decidisse focar em um tipo de energia (energia cinética, por exemplo), poderia decidir se iria apresentar alguma utilidade para a engenharia por exemplo, ou se iria tratar do assunto de forma mais ampla. Apesar então de trabalharem com o mesmo tema, cada grupo teve a liberdade na escolha do assunto.

A fim de fazer melhor uso do tempo durante as apresentações do seminário, a sala foi dividida em 5 grupos de 8 pessoas. Apesar do elevado número de integrantes por grupo, houveram também momentos de avaliações individuais ou em duplas durante as semanas de preparação das atividades. Um cronograma foi apresentado aos estudantes trazendo qual parcela da pesquisa deveria estar pronta em qual semana. Essas apresentações parciais foram avaliadas, cada qual valendo até 10 pontos que seriam ponderados ao final do bimestre. As atividades semanais foram divididas da seguinte forma:

## DIVISÃO DAS ATIVIDADES SEMANAIS:

### **1a semana: Chamada oral conceitual sobre um texto de Richard Feynman**

Para primeiro apresentar o assunto aos educandos, foi proposta a leitura de um texto retirado da obra "Lições de Física" de Richard Feynman. Como tarefa da primeira semana, os educandos estudaram o texto para responderem a uma chamada oral. As perguntas da chamada oral foram disponibilizadas com antecedência de uma semana no ambiente virtual de aprendizagem (AVA) utilizado pela instituição, o Moodle, dessa forma eles foram incentivados a conversar sobre a atividade em fóruns que foram abertos para este propósito, de forma a estarem melhor preparados durante a chamada oral. Para a chamada oral, os educandos sentaram em grupos e foi criada uma regra para a realização da pergunta e qual aluno do grupo iria responder. Essa regra era como um jogo, no qual o aluno poderia "passar" a pergunta a seu colega de grupo em troca de perder 1 ponto naquela atividade. Lembrando que cada atividade, em cada semana contava 10 pontos, perder 1 ou 2 pontos na atividade não seria um grande prejuízo na somatória final, no entanto a característica lúdica do desafio fez os educandos se envolverem de tal maneira que não queriam perder nem décimos de pontos! Essa forma de avaliar os educandos foi elaborada em conjunto com as salas no dia da atividade.

### **2a semana: Pesquisa em notícias**

A segunda atividade demandou que os educandos encontrassem alguma notícia atual, cujo assunto fosse de interesse particular de cada um (carros, shows, dança, tecnologia) mas dentro desta notícia eles deveriam ser capazes de identificar alguma forma de energia, relacionada com aquela escolhida para o seminário. Como já haviam passado pelo texto do Feynman e também estudado toda teoria do primeiro capítulo do livro didático, teriam então condições de identificar diferentes formas de apresentação da energia. Este trabalho foi feito individualmente e além de identificar qual forma de energia estava presente na notícia, eles deveriam fazer uma pesquisa (curta) sobre ela. O trabalho tinha que ser entregue em apenas duas páginas de um arquivo PDF, via moodle.

### **3a semana: Objeto virtual educacional.**

A esta altura, muitos grupos já tinham definido qual seria o assunto a tratar no seminário, mas outros grupos ainda não tinham fechado. Nessa atividade os educandos foram orientados a buscar em repositórios virtuais (predominantemente PHET, mas houveram outros também), algum objeto de aprendizagem (OA), preferencialmente simulador, que explorasse o assunto que o grupo iria tratar. Como essa atividade era para ser apresentada em duplas (formadas dentro dos grupos), foi um

momento de conversa e decisão. A atividade foi apresentada no laboratório de informática, o que possibilitou um bom momento de discussão entre os membros dos grupos. Os professores passavam de duplas em duplas fazendo perguntas sobre os OAs apresentados, que se bem respondidas eram traduzidas em uma boa nota para aquela atividade.

#### **4a semana: Entrega dos slides**

Tendo em vista que a apresentação dos grupos deveria ocorrer em apenas um encontro, todo o tempo disponível deveria ser bem aproveitado. Dessa forma, o material a ser apresentado foi solicitado com uma semana de antecedência para que não houvesse perda de tempo entre as trocas de grupos, com arquivos inválidos ou pen-drives que não funcionassem. Junto com os slides cada grupo deveria apresentar uma questão para a sala, referente ao assunto explicado por eles.

#### **5a semana: Apresentação do seminário**

Nesta semana ocorreu a apresentação dos seminários, o trabalho de pesquisa e organização do bimestre foi então compartilhado. Os grupos apresentavam o resultado de sua pesquisa e ao final era entregue aos demais colegas da sala uma pergunta, referente ao seminário apresentado, que foi elaborada pelo próprio grupo.

#### **Semana intermediária**

Houve uma semana intermediária entre a 5a e a 6a semana, na qual foi possível trabalhar e resolver exercícios diversos com os educandos, em sua maioria disponíveis no livro-texto adotado (MARTINI, 2013). Como os assuntos já haviam sido exaustivamente trabalhados para a preparação do seminário, a aula fluiu com certa facilidade e os professores puderam focar mais em questões procedimentais para a resolução de exercícios, com ênfase para a matemática envolvida. Havia sido combinado com os educandos que eles seriam responsáveis em preparar a prova, de forma que dentre as 10 questões, 4 seriam apresentadas pelos educandos. No entanto uma das salas não entregou as questões como combinado (os motivos para tal não foram levantados).

#### **6a semana: Avaliação individual escrita.**

A avaliação transcorreu como de praxe, exceto pelo fato que os educandos puderam realizar "consulta relâmpago" de 15 minutos durante a atividade.

Após a correção da prova, durante a devolutiva, os professores realizaram um trabalho de retomada e correção do erro, no qual cada aluno recebia um formulário a parte para corrigir as questões erradas

e, em uma coluna ao lado, explicar o porquê daquele erro. Esta atividade de forma isolada já havia sido realizada pelos docentes no primeiro bimestre e já foi apresentada em congresso de práticas docentes, demonstrando bons resultados no que tange a ação reflexiva do educando.

#### PESQUISA DE *FEEDBACK* SOBRE A ATIVIDADE

A pesquisa aplicada aos educandos consistiu em apenas uma questão, com o seguinte texto:

"Em poucas palavras, o que significou para você a metodologia aplicada pelos professores de Física para o ensino do tema Energia Trabalho e Potência, realizado com encontros semanais (leituras do texto do Feynman, quiz ou chamada oral, pesquisa de notícia atual sobre o tema, pesquisa e apresentação de objeto virtual educacional, apresentação antecipada dos slides para os professores, apresentação do seminário, elaboração de questões para os colegas, participação na elaboração da prova escrita e trabalho com o erro da prova) ao longo do 2o bimestre de 2017?"

A questão, apesar de extensa foi aberta e permitiu vários tipos de respostas, desde as menos significativas, como "não lembro de nada" ou "foi interessante mas gostei mais do 2o bim de 2018", respostas essas que não foram consideradas no levantamento apresentado, até respostas mais significativas, que apontaram alguma atividade ou método até sugerindo mudanças, como "Achei uma prática muito boa pois saímos da mesmice, a única parte um pouco ruim foi a complexidade do texto do Feynman". Essas questões foram divididas, grosso modo, entre avaliações positivas, ambas e negativas e serão apresentadas na sessão seguinte.

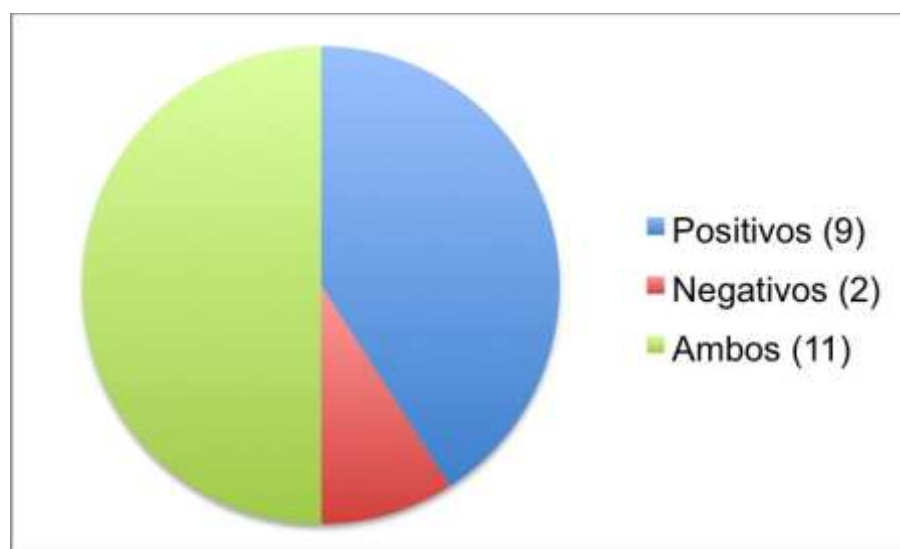
#### DADOS E RESULTADOS

Os resultados considerados para essa análise foram coletados junto aos educandos um ano após a elaboração dessa atividade, visto que durante a elaboração da mesma os professores não tinham clara a intenção de produção textual. No entanto esse tempo entre a realização da atividade e aplicação do questionário permitiu que, de certa forma, os educandos tivessem mais tempo para assimilar e se distanciar da prática, conforme aplicada.

As fichas selecionadas para compor este levantamento foram somente aquelas que abordavam as atividades realizadas explicitamente. Então avaliações do tipo "tal atividade permitiu isso" ou "tal atividade foi ruim por aquilo" - respostas significativas - foram escolhidas, em detrimento de respostas do tipo "gostei de tudo" ou "não gostei de nada" - respostas não significativas.

Houveram ao todo 43 respostas, o que corresponde a um retorno de mais de 50% dos entrevistados, sendo que 21 foram classificadas como não significativas e 22 como significativas, utilizadas neste estudo.

Dentre as respostas consideradas significativas, 9 trouxeram avaliações com mais elementos positivos da realização das atividades, 2 trouxeram avaliações com mais elementos negativos e 11 apontaram tanto elementos positivos quanto negativos.



**Figura 01:** Aspectos encontrados nas respostas dos educandos

As características apontadas pelos educandos, elas estão distribuídas da seguinte forma:

Dentre os aspectos positivos, distribuídos entre as fatias azul e verde do gráfico da figura 01, encontram-se a diversidade de metodologia (10), incentivo a autonomia do estudante (08), elaboração de questões para a prova (02), preparação do seminário (02), trabalho com o erro (07), palpabilidade do assunto (03), atividades semanais (03), entrega de slides antecipada (03), texto do feynman (01), chamada oral (01).

Os elementos negativos, divididos entre as fatias verde e laranja do gráfico, apontam para a complexidade do texto do Feynman (09), atividades semanais (04), tempo para apresentação do seminário (02), chamada oral (01). Essas características podem ser visualizadas graficamente, na figura 2 abaixo:



**Figura 02:** Características positivas e negativas de cada item levantado pelos educandos

É possível observar que o que mais trouxe aspectos negativos foram a leitura do texto do Feynman e o ritmo semanal de atividades.

Já o que parece ter tido melhor receptividade entre os educandos foi a diversidade da metodologia usada, já que a cada semana havia uma atividade diferente, seguida pelo incentivo à autonomia dos educandos e o trabalho com os erros da prova.

Além desses resultados há também percepções que não puderam ser tabeladas neste estudo, como constantes referências dos educandos aos assuntos estudados durante essa atividade. Espontaneamente surgem observações do tipo “esse conteúdo se enquadra naquela explicação de energia”, que demonstram que os conceitos novos podem realmente ter sido assimilados pelos educandos, para muito além de uma simples resposta memorizada em provas.

## DISCUSSÃO

A leitura do texto do Feynman foi, segundo os educandos, muito complexa para um primeiro contato com os assuntos. Interessante destacar que, apesar de não ter um grande peso final, essa atividade

de chamada oral, ou quiz, (vinculada à leitura do texto) parece que gerou muito desconforto entre os educandos.

O tempo de apresentação, embora tenha figurado em terceiro lugar como aspecto negativo neste levantamento, logo após as atividades em conversa com a sala pareceu ser uma unanimidade, todos os educandos concordaram que havia pouco tempo para a apresentação. Foi até comentado que eles haviam feito muitas pesquisas e tinham muito mais a falar. O fato dessa característica não ser muito levantada pode ter sido em decorrência da forma como a pergunta do levantamento foi formulada.

Em contrapartida, a diversidade metodológica pode ter sido a mais comentada, talvez em decorrência da natureza multimidiática a que os educandos são apresentados desde muito cedo, na qual de um instante para o outro eles navegam em telas diferentes no celular ou computador, mudam de aplicação e mesmo de atividade em tempos muito curtos.

A autonomia estudantil foi levantada na sequência e era justamente este o foco dessa atividade, desenvolver melhor as habilidades de estudo, pesquisa e trabalho em grupo de forma autônoma. Para isso, deixamos que cada grupo escolhesse o tema (dentro do tema maior, energia) e as formas que apresentariam esse tema. Para estimular essa autonomia foi feita a cobrança semanal de atividades, para a qual 4 educandos levantaram aspectos negativos e 3 aspectos positivos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, é possível afirmar que a atividade teve relativo sucesso em alcançar seu objetivo principal, pelo menos na percepção dos educandos colhida pelo questionário aberto aplicado.

Pode-se considerar também que a atividade foi realizada com sucesso pois a escola contava com dupla regência em sala de aula, visto que os encontros semanais dedicados à Física (2 aulas) devem ser extremamente bem aproveitados para se dar conta de cumprir todo o programa da disciplina.

Caso essa atividade seja realizada em escolas sem dupla regência, pode ser necessárias adaptações no que tange algumas atividades semanais. A própria avaliação do objeto educacional virtual e o domínio que os grupos apresentavam demandou todo o tempo de aula com os professores se dividindo para conversar com os grupos.

## REFERÊNCIAS

Anais do IV ICLOC 2014, p. 214, disponível em

<[http://www.icloc.org.br/congressoicloc/livros/6congresso\\_icloc.pdf](http://www.icloc.org.br/congressoicloc/livros/6congresso_icloc.pdf)>

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2002.

BUCKLEY, H. E. O menino. Disponível em

<[http://www.ufrj.br/leptrans/arquivos/O\\_menininho.pdf](http://www.ufrj.br/leptrans/arquivos/O_menininho.pdf)>. Acesso em 29/08/2018.

FEYNMAN, R. P., Leighton, R. B., Sands, M. Lições de física de Feynman: edição definitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MARTINI, G. et al. Conexões com a física. São Paulo: Moderna. 2013.

MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. 2. Ed. São Paulo: EPU. 2011.

PHET Interactive simulations for science and math. Disponível em < <https://phet.colorado.edu>>. Acesso em 10 de julho de 2018.

# Capítulo 5

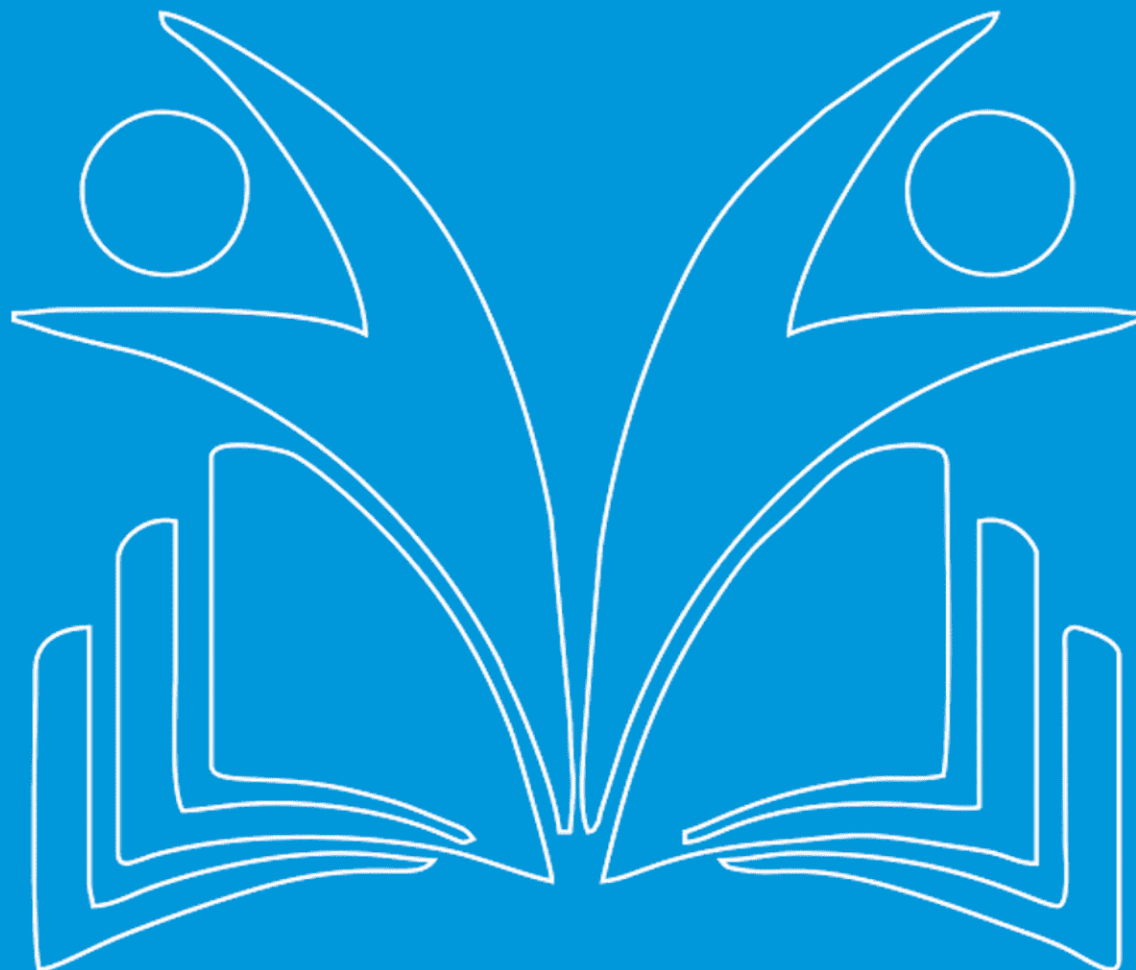


10.37423/230507761

## O ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA UTILIZANDO HISTÓRIAS EM QUADRINHOS

*Franklin José Bomfim Ramos*

*Colégio Estadual de Porto Seguro*



**Resumo:** *Este trabalho tem como objetivo principal propor uma metodologia de ensino utilizando o recurso da História em Quadrinho (HQ) por se tratar de material lúdico, agradável e de fácil acesso. As HQ tem se mostrado um recurso de ensino-aprendizagem que possibilita ao professor ministrar aulas fora do tradicionalismo lousa e pincel, de maneira mais divertida e menos pragmática. O interesse aqui depositado é mostrar como o professor pode utilizar este recurso da HQ de maneira eficiente sem abrir mão do rigor científico e matemático de que a física necessita. Assim, procuramos desenvolver argumentos e exemplificações que sirvam de motivação para o aprendizado de termodinâmica com uma HQ. As histórias escolhidas discorrem sobre física térmica, começando pelos conceitos de calor, temperatura e condução térmica; em seguida utilizamos outra HQ para discutir escalas termométricas e gráficos de temperatura; por fim fazemos uso de outra HQ para discutirmos a 1ª e a 2ª lei da Termodinâmica.*

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Termodinâmica, História em Quadrinho.

## INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem é verificado em uma ação biunívoca entre quem facilita o conteúdo e quem pretende aprendê-lo, uma vez que “quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender” (Freire, 1996). Neste sistema é imprescindível que o professor/facilitador saiba qual recurso utilizar para melhor alcançar seu intento, para não tornar a sua aula um exercício enfadonho e repetitivo onde o aluno é obrigado a decorar definições e fórmulas que, para ele, pouco ou nada fazem sentido, e não têm relação nenhuma com o seu cotidiano e seus anseios de vida.

O ensino de Física não deve estar motivado pelo conhecimento desta disciplina por si só, aprender por aprender, porém deve

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 transforme-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir (PCN+, Ensino Médio)

Mesmo ciente da necessidade de uma educação interdisciplinar e mesmo compreendendo que o conhecimento histórico é importante no sentido de demonstrar que as ciências progredem gradativamente devido às contribuições de diversos pesquisadores que persistiram, entre tentativas, erros e acertos, defrontamo-nos ainda com a dúvida acerca do principal recurso pedagógico utilizado pelo professor: o livro didático. Será que este recurso é suficiente e exclusivo para favorecer o entendimento das Ciências Naturais conforme aqui proposto?

Para que o professor consiga ministrar uma aula que faça sentido para o aprendente, ele deve ter à sua disposição recursos variados para facilitar o aprendizado do conteúdo a ser ensinado, diversas tecnologias educacionais que, quando bem utilizadas, podem aperfeiçoar o ensino e melhorar o aprendizado. Entende-se por tecnologia educacional não só a ferramenta eletroeletrônica que, por si só, sem a intervenção planejada e intencional do professor, nada faz de construtivo para o processo de ensino, e que, sobretudo, não desloca o estudante de um estado de menor para um de maior conhecimento.

Entendemos como Tecnologia Educacional todo e qualquer recurso utilizável pelo professor (computador, retroprojetor, jogos, aplicativos digitais, revistas, Histórias em Quadrinhos, etc.), que possibilite ao estudante conhecimentos e habilidades para resolver seus próprios problemas, para criar suas próprias estratégias de raciocínio que lhe possibilitará enxergar relações e fazer conexões entre os diversos caminhos do conhecimento. Uma tecnologia educacional só o é se o professor dela

fizer uso com intuito de promover saberes que qualifiquem o indivíduo a uma condição psicossocial mais íntegra, mais autônoma no sentido de torná-lo detentor do conhecimento.

Deste modo, tem-se nas Histórias em Quadrinhos um recurso educacional potencialmente relevante e motivador para o ensino de física, com o encanto da arte visual que motiva e desperta a curiosidade, pois possuem linguagem coloquial, de fácil compreensão e sem o propósito de serem científicas, o que as tornam mais acessíveis aos jovens, de modo geral. Outro fator relevante nos conteúdos das HQs é a rapidez com que passam a mensagem, sem delongas nem subjetividades, pois, de acordo com Caruso e Freitas (2009, p. 359),

em uma sociedade que passa por mudanças cada vez mais velozes e na qual a imagem se impõe de forma marcante, a rápida decodificação dos quadrinhos é um elemento facilitador do aprendizado, pois é fácil notar a diminuição do poder de concentração dos jovens em uma atividade específica, principalmente se ela diz respeito aos estudos.

Dizer que a HQ tem linguagem coloquial e informal, por vezes se utilizando de gírias e conceitos do senso comum não significa dizer que o conhecimento científico será negligenciado ou que o cuidado com as definições da Física ficará em segundo plano. Não, pois é justamente neste ponto que se torna imprescindível a intervenção do professor enquanto mediador do conhecimento, aquele que, utilizando-se de um recurso não formal, com características artísticas como HQ, consegue tornar o ensino de Física encantador e significativo com igual profundidade nas explicações, tendo a vantagem de, agora, obter a devida atenção dos alunos.

## AS HQ COMO RECURSO DIDÁTICO

As HQs têm se mostrado um recurso de ensino-aprendizagem que possibilita ao professor ministrar aulas além do tradicionalismo lousa e pincel. Sem tecer críticas a esta modalidade de ensino, pois quando feita com eficiência e no momento oportuno tem sua necessidade e importância de ser, entretanto queremos aqui abordar mais um recurso com o qual o professor possa contar e, espera-se, utilizar em sua sala de aula a fim de tornar o ensino de Física Térmica mais atraente, alegre e problematizador, sem perder o rigor científico de que a física necessita.

O uso da HQ em uma aula de Física acrescenta o aspecto lúdico na prática pedagógica do professor desta disciplina, acostumado, em muitos casos, às aulas expositivas onde o quadro é preenchido com fórmulas e exercícios repetitivos onde o aluno é unicamente treinado a passar nas provas, sem refletir sobre os conflitos que motivaram os assuntos que ele estuda, sem perceber a relação entre as leis da física e o desenvolvimento da tecnologia, por exemplo.

Espera-se do professor de Física a compreensão de que esta ciência deve ser parte intrínseca da cultura humana, presente em suas diversas manifestações, tais como representações artísticas ou literárias, peças de teatro, letras musicais e qualquer ação humana na qual a ciência sirva de alicerce para a melhoria na qualidade de vida do ser (PCN+ - FÍSICA, p. 15). Através deste prisma de observação, reconhecer fenômenos físicos abordados em uma HQ, mesmo que de maneira sutil aos olhos mais distraídos, implica em aproveitar aquela história como um aporte didático para, no mínimo, fomentar a discussão do que há de científico ou exagerado na fábula da arte.

É comum, em adultos, a permanência do gosto pelos quadrinhos, pois este tipo de texto remonta à sua infância, está em sua memória afetiva, fato que contribui para o uso da HQ de maneira pedagógica, sem causar estranhamento por parte do estudante, ao contrário, criando empatia e afeição com a nova proposta, pré-requisitos necessários para o ensino-aprendizagem de qualquer disciplina e mais especificamente de Física. Quando o ensino conta com o apoio da HQ, o público alvo já a recebe com a sensação familiar de já conhecer aquela arte, de quem já entende o que está sendo proposto pelo professor, antes mesmo das explicações formais contextualizadas a partir das historinhas.

A leitura das HQs requer do indivíduo mais do que a compreensão dos textos lá inseridos, circunscritos em balões que representam as falas dos personagens, requer também a compreensão das imagens que representam os personagens com suas falas, sentimentos, ações e reações; interpretações de sons e sentimentos através de onomatopéias, isto é, os nomes dados aos sons e grunhidos produzidos pelos seres e objetos. Os sentidos aguçados pela leitura de HQ vão além dos comumente necessários em leitura de texto didático e acadêmico, pois a dimensão da arte sequencial vai além da compreensão lógico-racional, é onde o lúdico “toca” o indivíduo e lhe encanta, convidando-o a tomar conhecimento e fazer parte do seu enredo.

Quando texto e imagem se juntam em uma simbiose de intenção e de interdependência, promovendo reflexão e questionamento, prazer e conhecimento, o resultado não será outro senão o de promover o indivíduo para alicerces mais elevados e seguros de conhecimento adquirido, apropriado. Portanto acreditamos na possibilidade de se ensinar Física através deste recurso didático não formal, no tocante à inter-relação entre desenvolvimento cognitivo e percepção artística para a mútua evolução do conhecimento e da sensibilidade através do viés pedagógico.

## O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Para se utilizar a HQ em uma aula de física não basta somente levar a revistinha para a sala e mandar os alunos lerem. Para utilizar tal recurso com eficiência pedagógica e otimização do tempo e do conteúdo pretendido é necessário uma metodologia onde os alunos participem o máximo possível, investiguem, cogitem sobre os problemas levantados pelas HQs e participem do resultado.

O professor pode, portanto, utilizar o método de ensino por investigação, pois assim os estudantes serão questionados em suas convicções científicas, podendo levantar hipóteses e propor soluções para os problemas. Dessa maneira os conteúdos não serão dispostos sumariamente no quadro ou projetados através de multimídia, à revelia do estudante que observa passivamente como um telespectador anônimo e alheio ao desenrolar de um saber que parece não ser para ele. De acordo com Vieira, (2012, p. 21)

Entende-se o ensino por investigação como uma abordagem de ensino que reproduz parcialmente a atividade científica, permitindo que os alunos questionem, pesquisem e resolvam problemas, levantando hipóteses e investigando até chegarem a explicação desses fenômenos.

Desse modo, neste tipo de ensino, o professor não assume o papel de depositante do conhecimento como se o estudante fosse uma caixa vazia e inerte, porém, assume a postura de educador e parceiro dando encaminhamento a suas aulas com perguntas, questionamentos, problemas, com a finalidade de, à semelhança de um maestro que rege uma orquestra no compasso dos acordes pré-estabelecidos, encaminhar os estudantes às informações pretendidas e aos conceitos científicos. A intenção é sensibilizar o estudante, atrair seu interesse, envolvê-lo cognitivamente e afetivamente (VIEIRA, 2012), conduzindo-o de maneira sutil pelos caminhos da ciência a ponto de parecer que o conhecimento partiu única e exclusivamente dele. Assim acontecendo, o aprendizado provocará a certeza de que o conhecimento científico é acessível e pode ser obtido de forma divertida e prazerosa.

O ensino por investigação não é aquele de respostas prontas, acabadas e inquestionáveis, onde o estudante sequer tem a oportunidade de contradizê-las com outro argumento que fomentaria o diálogo construtivo em busca de outro patamar de conhecimento. É, ao contrário, a interação dialógica entre docente e discente como duas pessoas, seres humanos que estão em busca de mais conhecimento, onde o primeiro tem a função de facilitador, aquele de mais experiência que indicará o caminho e a metodologia que levará o segundo à apropriação do conhecimento e da ciência que lhe foi compartilhada.

O estudante que aprende a investigar aprende também a observar, refletir, fazer suposições, construir explicações e analisar dados em tabelas e gráficos. No ensino de Física por investigação, seja através de leitura de textos, experimentos em laboratório, discussão de temas ou debates, é comum o aprendiz interagir com os colegas, entrar em contato com o objeto de estudo, com a natureza, sempre sob o olhar cuidadoso do professor que assume o papel de incentivador do conhecimento pela busca curiosa e astuta, por vezes meticulosa, por vezes divertida.

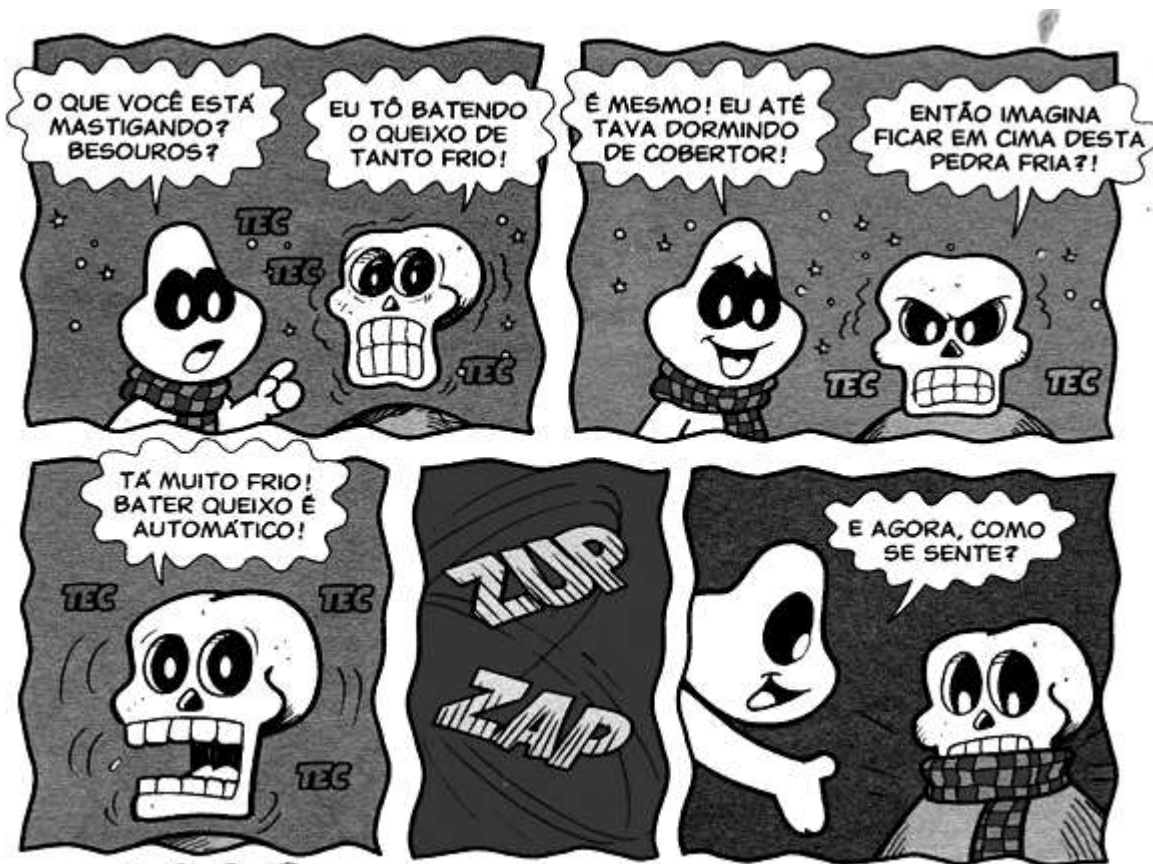
Dessa maneira, ressaltamos que se o professor se dispõe a utilizar as HQ como ferramenta pedagógica para o ensino de Física ou qualquer outra disciplina, deve fazê-lo de maneira proveitosa, sem subutilizar este material de apoio rebaixando-o a uma mera revistinha de entretenimento, onde o aluno perderia a oportunidade de, com a ajuda dela, adentrar o mundo científico e investigativo com o prazer e a sutileza que esta arte sequencial detém.

Assim como qualquer outro recurso didático, o uso, por si só, das HQ em sala de aula não garante uma educação de qualidade. É preciso que o professor saiba como utilizá-las de maneira adequada para que tais HQ sejam aproveitadas em suas potencialidades imagéticas, informativas, lúdicas e gráficas, caso contrário elas não passarão de um instrumento de diversão à parte da aula e do conteúdo que se pretende discutir. De acordo com Schnor, Fialho, Laurindo (2017, p. 4), “é importante ressaltar que cada idade possui necessidades de ensino e aprendizagem diferentes, portanto, a maneira como os quadrinhos serão trabalhados em sala de aula é indispensável”.

## ENSINANDO FÍSICA TÉRMICA UTILIZANDO HQ.

De início, vale salientar que o professor interessado neste tipo de recurso didático, deve se dedicar à leitura e pesquisa de várias histórias em quadrinhos, de diversos autores, com olhar atento para a temática e o assunto. Na maioria das vezes ele não encontrará nas HQs possibilidades de conexão com a física, no entanto, tão logo perceba, em alguma historinha ou tirinha, alguma possibilidade de ser aproveitada em sala de aula para qualquer assunto de física, já terá valido à pena a busca.

Destacamos aqui algumas HQ encontradas da série Turma da Mônica. Optamos por esta coleção por ser a revista em quadrinho nacional de maior divulgação. A HQ encontrada se chama “Temperatura Elevada”, onde é possível iniciar uma aula sobre Calor: definição de calor e sua diferença de temperatura, processos de transferência de calor, condução térmica, fluxo de calor, o que é um isolante térmico, etc.



**Figura 1:** Trecho da HQ “Temperatura Elevada”, onde se verifica fenômenos térmicos

Este é um trecho da HQ citada e deve nos levar a questionar o estudante a respeito de algumas afirmações do senso comum e pouco refletidas do ponto de vista da ciência, tais como: “este cobertor é muito quentinho”, “fecha a porta para o frio não entrar”, “vista um casaco para se proteger do frio”; como se o frio fosse algo físico e material que chegasse aos corpos, esfriando-os, retirando deles o calor. Idéias como essas estão presentes no dia-a-dia das falas das pessoas sem ao menos causar estranheza em quem as ouve.

Com este quadro o professor poderá iniciar sua aula perguntando aos estudantes por que Cranícola estava dormindo de cobertor e por que o cobertor nos dá a sensação de aquecimento? Após a resposta dos alunos, o professor pode continuar o diálogo investigando a função do cachecol envolvido no mesmo personagem pelo seu amigo Penadinho. Note que a intenção não é dar respostas prontas, porém estimular os alunos a encontrarem soluções científicas para o fenômeno da condução e do isolamento térmico.

A próxima HQ que destacamos tem como foco central o ensino de escalas de temperatura, uma vez que retrata um episódio em que Cascão está confuso com um termômetro que não está graduado na escala Celsius, mas ele não sabe disso. É preciso que seu amigo, Nimbus, ao saber que o termômetro

foi trazido de outro país deduza que o mesmo esteja graduado em outra escala e, assim, esclareça a Cascão do motivo da confusão e que o aparelho não está quebrado.



**Figura 2:** Cascão é esclarecido pelo amigo de que seu termômetro está graduado em Fahrenheit

Inúmeras são as possibilidades de se trabalhar conceitos de física por meio das HQs, nesta se verifica que existem outras formas de se representar a temperatura medida, não necessariamente com a escala usual aqui no Brasil, a Celsius. É importante para os alunos perceberem como a falta da unidade de medida em uma grandeza física ocasiona em perda de clareza na informação. Cascão, na HQ citada, esqueceu-se de observar em qual unidade de medida a escala estava indicando a temperatura ambiente e por isso quase se precipitou a tomar banho, fato que, em se tratando deste personagem, representaria a sua morte.

A HQ que segue retrata uma situação onde se verifica o esforço de Cascão em reaproveitar os brinquedos de seus amigos transformando-os em outros brinquedos. O dilema começa a aparecer quando alguns dos colegas pretendem obter o mesmo brinquedo de volta, exigindo que Cascão desfaça o que fez, como se voltasse no tempo.

Aproveitamos esta história para discutir a 1ª e a 2ª Lei da Termodinâmica, no tocante à conservação da energia e à impossibilidade de se transformar integralmente uma modalidade de energia em outra, respectivamente, o que se configura na prerrogativa da 2ª Lei da Termodinâmica.

# Cascão em TRANSFORMANDO



Figura 3: Cascão explica sobre a possibilidade de se transformar uma coisa em outra.





Figura 3: Um brinquedo transformado em outro brinquedo diferente, porém que guarda as mesmas propriedades químicas do primeiro.



Figura 4: Franjinha explica que, assim como na 2ª lei da termodinâmica, alguns processos são irreversíveis.

Perceba como a partir de uma aparentemente simples HQ é possível, com o método, a didática e a condução do raciocínio corretos, abordar um princípio sobre o qual toda a ciência natural se apóia: a Conservação da Energia do universo e suas diversas manifestações na natureza.

Claro que a revista em quadrinho em si, não tem o papel de educar para a ciência, muito menos para a física. Cabe ao professor atento e intencionado lançar mão desse meio de comunicação para ensinar conceitos densos e profundos da física de maneira leve e divertida sem abrir mão dos detalhes que se fizerem necessários.

## CONCLUSÃO

De que forma podemos melhorar a prática pedagógica do professor de Física? Como demonstrar para o estudante que a Física é atraente e compreensível para todos, nem mais nem menos que quaisquer outras disciplinas como Português, Arte, História, Geografia, etc., e que é possível se aprender qualquer assunto de qualquer disciplina, mesmo não optando por ela como escolha de carreira?

Quem se propõe a ser professor de Física na Educação Básica, deve ter em mente as dificuldades que enfrentará no exercício da docência como, por exemplo, as dificuldades dos estudantes que afetam suas habilidades necessárias para se compreender esta disciplina em suas nuances, tais como: a habilidade com a leitura e interpretação que os ajudará a raciocinar em torno de um problema, cercado-se das hipóteses e questionamentos que os conduzirão pelos caminhos do resultado e a habilidade com os cálculos e raciocínio lógico que lhes permitirá a compreensão de leis e padrões na Física, que possibilitará compreender as regularidades previsíveis presentes na natureza.

A escolha das Histórias em Quadrinhos no ensino de Física, mais especificamente para ensinar física térmica, deve ter a motivação de diminuir estas dificuldades, estreitando os laços entre o que se pretende ensinar e o que se quer aprender. Por isso buscamos fomentar uma prática docente a partir da qual qualquer professor possa criar seu próprio plano de aula com as revistinhas em quadrinho que ele terá pesquisado e percebido o potencial pedagógico para uso didático.

O acervo de revistinhas de Histórias em Quadrinhos é vasto, acessível em todas as bancas de revistas e não para de crescer, com materiais nacionais como a Turma da Mônica, Turma do Pererê, e importados como as revistas da Walt Disney, da Marvel, os Mangás, etc., por isso esperamos que os professores, de diversas áreas continuem pesquisando HQ e criando suas próprias aulas com novos assuntos. O Ensino de Física e os estudantes só terão a ganhar com este desenvolvimento, pois ficará mais fácil de enxergar esta ciência mais presente no seu dia-a-dia.

## REFERÊNCIA

Carvalho, A. M. P.de. (ORG.). Ensino De Ciências Por Investigação: Condições Para Implementação Em Sala De Aula. Cengage Editora, 2014. ISBN: 9788522114184.

Fioresi, C. A.; Cunha, M. B. Processo Para Elaboração De Histórias Em Quadrinhos: Um Estudo Com Estudantes Do Ensino Médio. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, Brasil – 25 a 28 de julho de 2016.

Freire, Paulo.; Pedagogia Da Autonomia: Saberes Necessários À Prática Educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996, Coleção Leitura.

Gonçalves, D. C., Andrade, M. F., HISTÓRIAS EM QUADRINHOS COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Setembro de 2026.

Palhares, M. C. História em Quadrinhos: Uma Ferramenta Pedagógica para o Ensino de História. PDE – Paraná, 2008

Schnor, C. E. P.; Fialho, J. S. Uso De HQ No Ensino De Língua Portuguesa. Revista Pandora Brasil - Nº 83 - Junho 2017 - ISSN 2175-3318 - "Letras em Foco"

SBF; PCN+ - ENSINO MÉDIO: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Disponível em [http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf), acessado em 10 de junho de 2016.

Souza, E. O. R. de. Física em Quadrinhos: uma abordagem de ensino, Rio de Janeiro, 2014.

Testoni, L. A., Souza, P. H. de, Nakamura, E., Paula, S. M. de. Histórias Em Quadrinhos Nas Aulas De Física: Uma Proposta De Ensino Baseada Na Enculturação Científica. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013.

Vieira, F. A. da C. Ensino por Investigação e Aprendizagem Significativa Crítica: análise fenomenológica do potencial de uma proposta de ensino, 2012.

# Capítulo 6



10.37423/230507771

## FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE FÍSICA: A CONTRIBUIÇÃO DOS INSTITUTOS FEDERAIS DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

*Marcos Paulo Quibao Filho*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia - Campus Itapetininga*

*Jonny Nelson Teixeira*

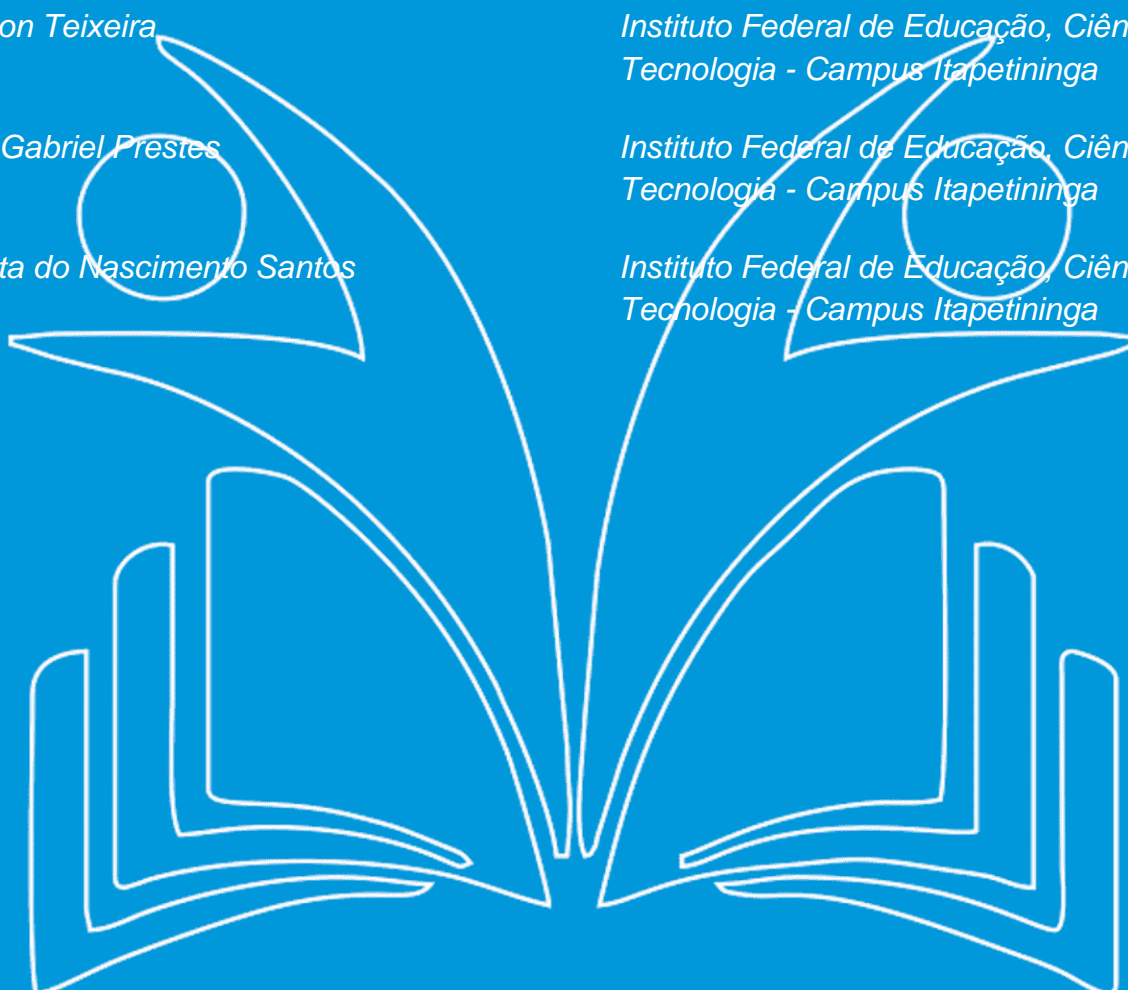
*Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia - Campus Itapetininga*

*Conceição Gabriel Prestes*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia - Campus Itapetininga*

*Laíze Batista do Nascimento Santos*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia - Campus Itapetininga*



**Resumo:** *A formação do professor de Física no Brasil vem sofrendo diversas mudanças ao longo dos anos, principalmente por causa das mudanças nas legislações de formação de professores, dedicando tempos maiores às práticas pedagógicas e aos estágios supervisionados. O número de professores deste componente, entretanto, ainda não é suficiente para suprir a sua falta no país, embora a realidade estivesse mudando em 15 anos. Essa realidade começa a mudar a partir de 2005, por causa da criação de novas Universidades Federais (UF) e, em 2008, com a criação dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IF) estes últimos destinando no mínimo 20% de vagas para a formação inicial de professores, prioritariamente nos componentes curriculares com falta histórica de professores. Esse trabalho decorre de uma pesquisa ainda em andamento no Instituto Federal de São Paulo que analisa o crescimento da oferta de vagas em Licenciatura em Física nos IF e levanta hipóteses acerca da qualidade da formação inicial de professores a partir da análise dos Projetos Pedagógicos de Curso e do número e formato de disciplinas metodológicas, que aliam as teorias educacionais e as diversas estratégias de ensino aprendizagem trabalhadas nestas disciplinas.*

**Palavras-chave:** Formação de professores, Currículo de Física, BNCC Física, disciplinas metodológicas.

## INTRODUÇÃO

Século XXI. Quase na terceira década desse século e ainda ronda sobre a Educação Brasileira problemas como a falta de professores com formação específica para lecionar no Ensino Básico, sobretudo no médio, ainda persiste, apesar de ter sido detectada já há algumas décadas. Dentre os componentes curriculares da Educação Básica, os professores da área de Ciências da Natureza: Física, Química e Biologia, nesta ordem, são, segundo muitas matérias jornalísticas que tratam de Educação, os que demandam mais profissionais formados. Destes três componentes curriculares a Física é, sem dúvidas, o curso em que a demanda de professores é grande e o número de egressos ainda é insuficiente para supri-la.

O número de egressos dos cursos de Licenciatura em Física no país desde o início deste século ainda é pequeno, devido à quantidade destes cursos nas Universidades, Faculdades e Centros de Ensino Superior espalhados pelos territórios brasileiros, o que dificulta ainda mais a probabilidade de suprir o número de professores de Física necessários para lecionar no Ensino Médio, principalmente. Segundo Araújo & Vianna (2011), até 2010 a demanda de professores de Física no país ainda era muito maior do que a formação de professores.

Nos primeiros 15 anos deste século, embora o número de cursos de Licenciatura em Física do Brasil tenha aumentado, a demanda ainda continua a mesma, pois a procura por estes cursos ainda é pequena e a evasão de alunos destes cursos ainda continua grande, mesmo com incentivos de bolsas como PIBID e outras, fomentados pelo Governo Federal e pelos orçamentos das próprias Universidades (Santos e Curi, 2012)

Esse trabalho, ainda em andamento, utiliza informações dos censos do Ensino Superior, oriundos da base de dados do INEP e tem a finalidade de iniciar uma discussão sobre o papel dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia na formação inicial de professores de Física, com relação ao oferecimento de vagas nos cursos de Licenciatura e dos desafios que a formação desses professores ainda tem pela frente.

## O OFERECIMENTO DE VAGAS DE LICENCIATURA EM FÍSICA NO BRASIL E SEUS CONCLUINTE

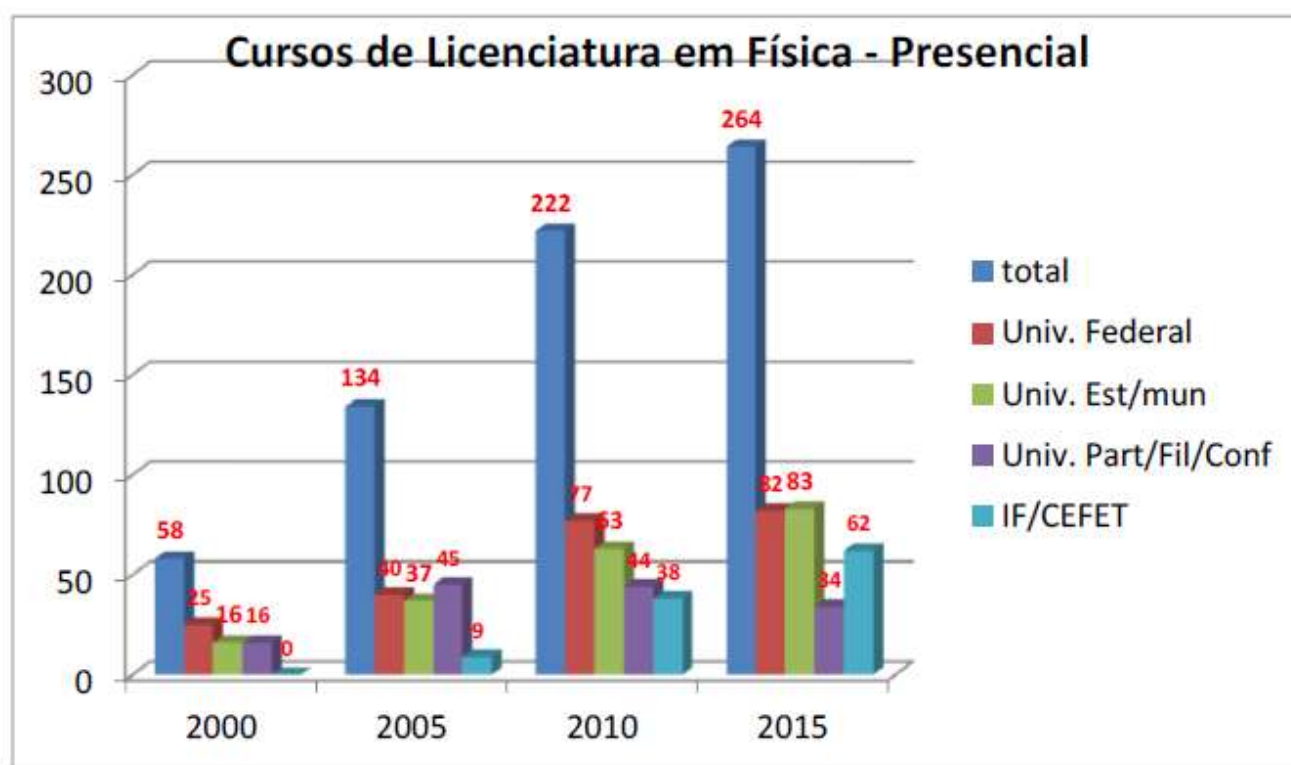
Na virada do século a quantidade de cursos de Licenciatura em Física no Brasil era extremamente pequena para a quantidade de professores desse componente que o país necessitava para suprir as vagas em escolas de Ensino Básico. Segundo dados do INEP, no ano 2000 quase totalidade dos cursos

de Licenciatura em Física no país eram oferecidos por universidades públicas, além do número ser muito pequeno, comparado a outros cursos de licenciatura (BRASIL, 2000).

No censo de 2000 no país havia um total de 58 desses cursos de formação inicial de professores na modalidade presencial, já que nessa época os cursos à distância ainda estavam começando a ganhar espaço nas discussões em Educação. Se analisarmos os dados, em 2005 o número de cursos de formação inicial de professores de Física no país saltou de 58 para 134, mais do que dobrando.

É importante salientar que nessa época já existiam algumas Escolas Técnicas Federais espalhadas pelo país, mas ainda não existiam os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IF's), já que estes últimos foram instituídos no segundo mandato do governo Lula, em 2008. Entre 2000 e 2005 houve um acréscimo significativo destes cursos nas universidades e faculdades particulares, além da criação de alguns deles nos CEFET, ampliados no primeiro mandato do governo Lula.

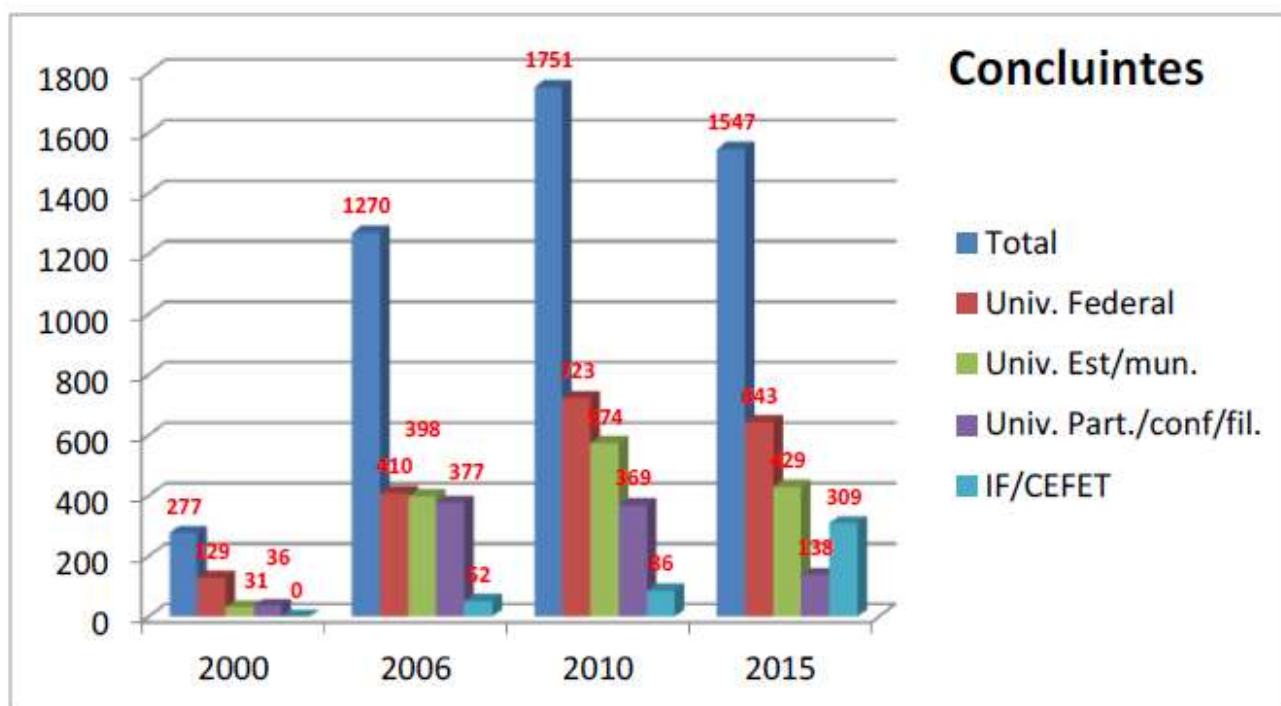
Esses números foram crescendo significativamente de 2005 a 2015, praticamente dobrando em alguns casos, mas caindo nas Instituições particulares. Os dados são apresentados no gráfico abaixo.



Observando o número de cursos oferecidos podemos intuir, logo, que a quantidade de vagas oferecidas para estes cursos tenha aumentado também significativamente, já que o número de campi que ofereceram estes cursos foram quase multiplicados por 5.

Observa-se também que o número de vagas destes cursos aumentou nas instituições federais de Ensino Superior depois da lei que criou os Institutos Federais de Educação, em 2008.

Nessa lógica, era fácil também intuir que o número de concluintes destes cursos também aumentasse na mesma proporção. O gráfico abaixo mostra a evolução do número de concluintes dos cursos de Licenciatura em Física neste período.



Analisando os dados no gráfico anterior pode-se notar um crescimento significativo com relação aos concluintes, com uma pequena variação para baixo nos cinco últimos anos. Nota-se também uma diminuição drástica no número de concluintes das instituições particulares, além de uma diminuição no número dos concluintes das instituições públicas de ensino, embora o número de cursos nestas instituições tenha aumentado no mesmo período.

O aumento mais significativo aconteceu nos IF e CEFET, estes últimos diminuídos depois da lei de criação dos IF, já que muitas dessas instituições se transformaram em IF, se enquadrando nas regras destas instituições. É necessário dizer que aqui esta é uma análise prévia dos cursos presenciais, deixando para uma pesquisa posterior a análise de cursos à distância.

## ESTATÍSTICA DA OFERTA DE CURSOS DE LICENCIATURA EM FÍSICA NOS IF

Ao analisar os gráficos anteriores e observar o crescimento dos cursos de Licenciatura em Física nos IF, pode-se ver que houve também um aumento significativo do número de vagas oferecidas por estas instituições neste curso.

Se para cada curso aberto forem oferecidas 40 vagas, há uma oferta de cerca de 2.400 vagas para este curso nestas instituições. O interessante é que a maioria destas vagas foram abertas em cidades fora do eixo dos grandes centros populacionais, já que a expansão ocorrida desde 2010 dos campi destas instituições também ocorreu em cidades onde a oferta de cursos superiores é escassa.

No entanto, observa-se que a discrepância entre o número de vagas oferecidas e o número de concluintes nesta etapa de formação também é acentuada. Se contarmos a quantidade de vagas oferecidas para os cursos presenciais nos IF, no geral, tem-se por volta de 2.400 vagas para esse curso, com uma contagem de 309 concluintes nestas instituições. Isso mostra que a evasão nestes cursos é alta.

Um dado que pode mudar um pouco essa estatística é que uma boa parte dos cursos oferecidos por estas instituições ainda não teve sua primeira turma formada, mas sabe-se que a evasão nos cursos de licenciatura é alto, ainda mais nos cursos de Física (Silva *et al*, 2012; Silvia e Franco, 2014)

Mesmo com essa discrepância os IF são responsáveis hoje por 20% da formação inicial dos professores de Física do país, com um potencial enorme, já que o número de vagas é significativo em relação ao total. Analisando o gráfico 1 vê-se que o número de cursos oferecidos pelos IF aumentou numa proporção muito maior que a s universidades federais e estaduais, principalmente no período entre 2010 e 2015. Segundo os dados, o número de cursos nos IF quase dobrou, ante um aumento de 31,7% nas universidades estaduais e 6,5% das universidades Federais. Ainda, os IF e CEFET responderam em 2015 por quase 25% do total de matrículas nesta modalidade (BRASIL, 2015).

## CONTRIBUIÇÃO DOS IF PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA

Apesar de uma representação significativa na oferta de vagas, a estrutura dos cursos de Licenciatura tem grande importância na qualidade da formação dos professores. Santos e Curi (2012) em seu trabalho destacam diversos aspectos para a formação qualificada de professores que lecionam Física. Nesse trabalho as autoras citam que grande parte dos professores que lecionam Física no país não é formada na área. O que estamos analisando aqui é a potencialidade dessa realidade sofrer alguma mudança com a oferta maior de vagas para a formação desses profissionais.

O trabalho das autoras traz, no entanto, uma discussão sobre a importância do currículo das licenciaturas na formação profissional do professor de Física. Segundo elas a oferta de disciplinas que trabalham a estrutura teórica da Educação em ressonância com outras que aliam a prática e as metodologias trazem uma vivência educacional maior ao futuro professor, fazendo com que o egresso tenha uma aquisição maior de habilidades necessárias à docência.

Uma pesquisa em andamento no IFSP mostra que mesmo antes da mudança das diretrizes dos cursos de formação de professores do MEC (2015) os cursos de Licenciatura em Física oferecidos pelos IF já contemplavam grades com disciplinas da área metodológica em ressonância com as disciplinas de Física Básica e com as disciplinas pedagógicas.

Nestes casos, as disciplinas citadas fazem parte de um conjunto que mescla aulas teóricas com as práticas pedagógicas, além de disciplinas que trabalham numa perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e História da Ciência (HC), cuja importância já foi relatada em diversos trabalhos (Silva e Carvalho, 2009; Barbosa *et al*, 2017; Rosa e Martins, 2007; Bagdonas *et al*, 2014) e disciplinas relacionadas com o estudo de epistemologia da Ciência.

Além disso, disciplinas que instigam o aluno a trabalhar com projetos, incentivam os trabalhos interdisciplinares e formam o licenciando no sentido de repensar sua prática pedagógica para o Ensino Básico regular e para outras modalidades de ensino, como Educação de Jovens e Adultos (EJA) e os cursos profissionalizantes também estão neste conjunto.

Outras disciplinas importantes para a formação do docente de Física são as que o capacitam para trabalhar com atividades experimentais aplicadas ao ensino. O uso de atividades experimentais são importantes para que ele tenha a possibilidade de trabalhar com os alunos o método científico e a observação da Ciência através de experimentos analíticos ou demonstrativos. A utilização de experimentos para o Ensino de Física na Educação básica vem sendo refletida por vários autores (Gaspar e Monteiro, 2005; Moraes e Junior, 2015; Laburú, 2005; entre outros) e indicam a sua importância para a aprendizagem de conceitos de Física, além da promoção do letramento e da cultura científica dos alunos em todos os níveis de ensino.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há ainda a falta de uma quantidade grande de professores de Física no país, a qual ainda não será saturada pela velocidade atual de formação inicial de docentes dessa área. Mas apesar desse déficit, nos 15 últimos anos o número de licenciaturas desse componente tem crescido significativamente,

sobretudo mediante o crescimento no número de vagas nas Universidades Federais e nos IF's do Brasil inteiro.

Embora o número de egressos tenha crescido significativamente nesse mesmo período, a parcela deles que assume efetivamente a docência ainda é pequena, muitas vezes por causa da valorização docente muito pequena no país. Um fator que se precisa considerar, no entanto, é o freio imposto pela Emenda Constitucional 95/2016, que limitou os gastos públicos e os financiamentos do país, limitando também os investimentos em Educação. Por causa deste limite houve um freio no aumento dos campi das UF e dos IF, estagnando também a oferta de vagas para as licenciaturas, sobretudo as de Física.

Ainda, as incertezas sobre a infundada reforma do Ensino Médio recaem sobre as aulas de Física, pois a tendência é que poucas escolas ofereçam o itinerário formativo de Ciências da Natureza, limitando as aulas deste componente, apesar do núcleo básico proposto na Base Nacional Curricular Comum contar com as aulas de Física.

Como continuação dessa pesquisa será feito um levantamento das disciplinas de cunho metodológico, as quais serão caracterizadas a partir das propostas metodológicas dos currícula dos cursos de Licenciatura em Física dos IF e das UF.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. S.; VIANNA, D. M. A carência de professores de ciências e matemática na educação básica e a ampliação das vagas no ensino superior. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 4, p. 807-822, 2011.

BAGDONAS, A. ZANETIC, J. GURGEL, I. Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular para o ensino da física: o ensino de história da cosmologia por meio de um jogo didático. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 7, n. 2, p. 242-260, 2014.

BARBOSA, F. A. MACHADO, C. B. H. RODRIGUES JÚNIOR, E. LINHARES, M. P. Abordagem “Ciência, Tecnologia e Sociedade” (CTS) no ensino de Física: uma proposta na formação inicial de professores. *Revista Ensino & Pesquisa*, v.15, n.1 , 158- 178. 2017.

BRASIL. Censo da Educação Brasileira. Disponível em

[http://download.inep.gov.br/download/censo/2000/Superior/sinopse\\_superior-2000.pdf](http://download.inep.gov.br/download/censo/2000/Superior/sinopse_superior-2000.pdf). Acessado em 02/07/2018.

GASPAR, A. MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *Investigações em Ensino de Ciências – v. 10, n.2 . 227-254, 2005.*

LABURÚ, C. E. seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores. *Investigações em Ensino de Ciências – v. 10, n. 2. 161-178, 2005.*

MORAES, J. U. P. JUNIOR, R. S. S. Experimentos didáticos no Ensino de Física com foco na Aprendizagem Significativa. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* v. 9, n. 2, 2015.

ROSA, K. MARTINS, M. C. A inserção de história e filosofia da ciência no currículo de licenciatura em física da universidade federal da bahia: uma visão de professores universitários. *Investigações em Ensino de Ciências – v. 12 n. 3. 321-337, 2007*

SANTOS, C. A. B.; CURTI, E. A formação dos professores que ensinam física no ensino médio *Ciência & Educação*, v. 18, n. 4. 837-849, 2012

SILVA, M. B. S. FRANCO, V. S. Um estudo sobre a evasão no curso de física da Universidade Estadual de Maringá: modalidade presencial versus modalidade a distância. *Revista Brasileira de Educação à Distância*. V. 13. 337-360. 2014.

SILVA, L. F. CARVALHO, L. M. Professores de física em formação inicial: o ensino de física, a abordagem cts e os temas controversos. *Investigações em Ensino de Ciências – v. 14, n. 1. 135-148, 2009.*

# Capítulo 7



10.37423/230507772

## O MOVIMENTO LÓGICO E HISTÓRICO DA ÁLGERA E GEOMETRIA DOS NÚMEROS COMPLEXOS

*Duelci Aparecido de Freitas Vaz*

*Pontifícia Universidade Católica de  
Goiás/Instituto Federal de Goiás*

*Jolmar Ferens*

*Pontifícia Universidade Católica de Goiás*

*Mariana Kenes Marques*

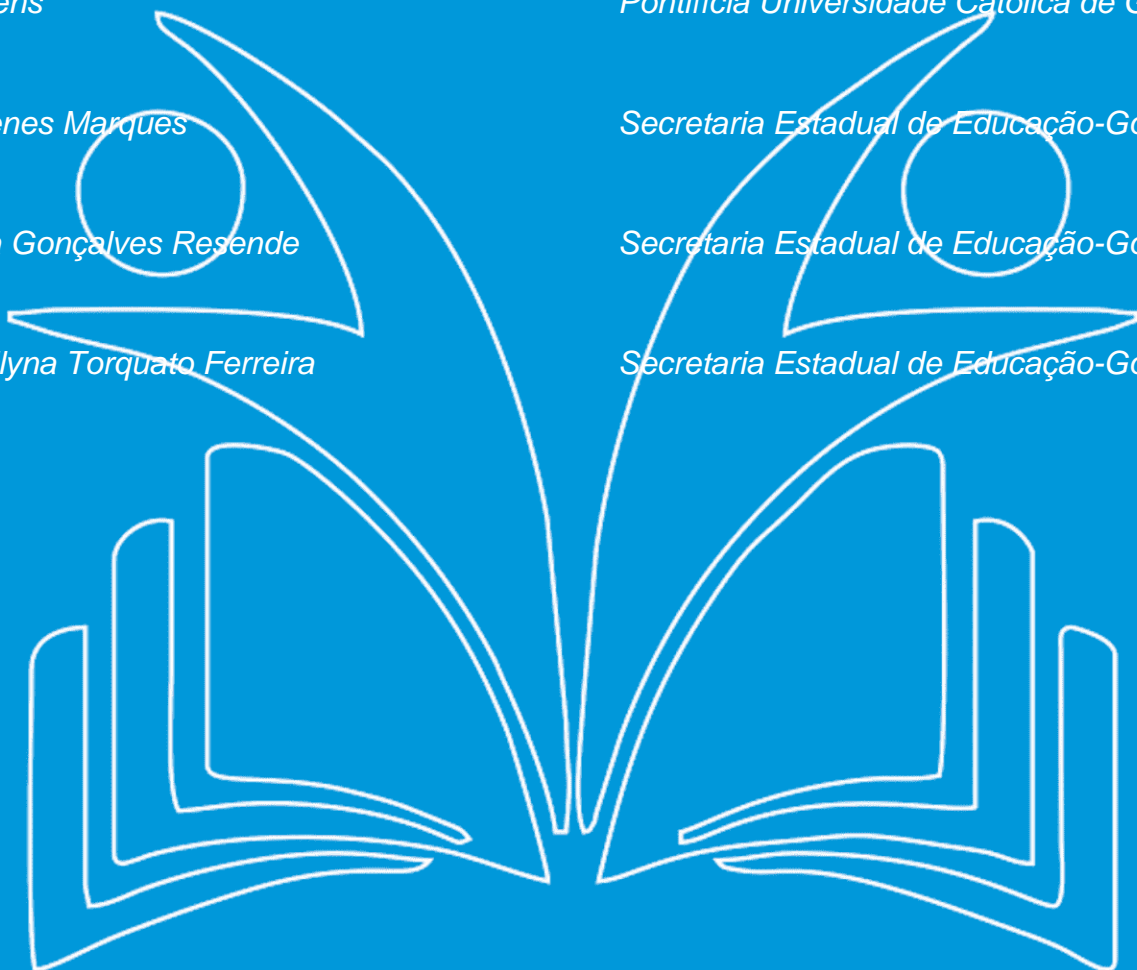
*Secretaria Estadual de Educação-Goiás*

*Ana Cecília Gonçalves Resende*

*Secretaria Estadual de Educação-Goiás*

*Anna Carollyna Torquato Ferreira*

*Secretaria Estadual de Educação-Goiás*



**Resumo:** *Apresenta-se esse estudo justificando que os números complexos são abordados na educação brasileira desconsiderando seu desenvolvimento lógico, histórico e os aspectos algébrico-geométricos relacionados, veja, por exemplo Dante (2010). Para contribuirmos com o debate acadêmico sobre este assunto, apresentamos um estudo de seu movimento lógico e histórico relatando: sua gênese, a origem de sua representação geométrica, os motivos de sua permanência e sua importância enquanto conhecimento científico, fato considerado importante por Davidov (1988). Em seguida, propomos uma interpretação geométrica da sua estrutura operacional, com a finalidade de articular, dinamicamente e simultaneamente, sua álgebra e sua geometria, o que pode ser realizado de acordo com a proposta de Vaz e Jesus (2013). Como resultado, notamos que um número complexo pode ser pensado como um vetor; a soma e a diferença de dois números complexos podem ser pensadas como as diagonais de um paralelogramo; o produto e a divisão de dois números complexos podem ser reduzidos à soma de dois vetores perpendiculares; a radiciação representa movimentos de rotação de vetores no plano, formando um polígono regular sobre uma circunferência; a potenciação pode ser reduzida a somas sucessivas, equivale dizer a combinações de várias diagonais de paralelogramos, indicando rotações. Além do mais, ilustramos algebricamente e geometricamente o entendimento das propriedades relacionadas a essas operações.*

**Palavras-chave:** Números Complexos, Geogebra, Álgebra, Geometria.

## INTRODUÇÃO: UMA HISTÓRIA DOS NÚMEROS COMPLEXOS

Uma história fascinante da Matemática foi a que envolveu a busca pela resolução das equações polinomiais. No intervalo dos séculos XIV- XVII d.C. este assunto ganhou notoriedade entre os Matemáticos da Europa. François Viète (1540 – 1603), Descartes, (1596 – 1650), **Pierre de Fermat** (1601 -1665), Rafael Bombelli (1526 – 1572), Girolamo Cardano (1501 – 1576), Nicolo Fontana (1499 – 1557) conhecido como Tartaglia, deram contribuições importantes para a resolução das equações polinomiais de até grau quatro.

A maioria dos debates sobre a resolução de equações polinomiais se deu inicialmente envolvendo as equações de terceiro grau e que evoluíram naturalmente para resolução das equações de quarto, quinto etc., até Evariste Galois (1811-1832) demonstrar que para polinômios de grau superior a quatro não há uma fórmula geral que seja capaz de resolver todos os casos.

Sem qualquer sombra de dúvida, foi a possibilidade de resolver equações de grau superior a dois, que os matemáticos tiveram a percepção de que poderiam criar uma estrutura numérica que passaria a ser denominada de números complexos.

Segundo Eves (2011, p. 302):

Por volta de 1515, Scipione del Ferro (1465-1526), professor de matemática da Universidade de Bolonha, resolveu algebricamente a equação cúbica  $x^3 + mx = n$ , baseando seu trabalho provavelmente em fontes árabes. Ele não publicou o resultado, mas revelou o segredo a seu discípulo Antônio Fior.

Outro matemático importante foi Tartaglia, para Eves (2011, pp. 302-303):

Por volta de 1535, Nicolo Fontana de Brescia, mais conhecido como Tartaglia (o tartamudo), devido a lesões físicas sofridas quando criança que afetaram sua fala, anunciou ter descoberto uma solução algébrica para a equação cúbica  $x^3 + px^2 = n$ . Achando que se tratava de blefe, Fior desafiou Tartaglia para uma disputa pública envolvendo a resolução de equações cúbicas. Com muito empenho Tartaglia conseguiu resolver também, faltando poucos dias para a disputa, a equação cúbica desprovida do termo quadrático. Como no dia marcado sabia resolver dois tipos de cúbicas, ao passo que Fior só sabia resolver um, Tartaglia triunfou plenamente.

Eves (2011) conta-nos que Girolamo Cardano conseguiu obter informações de Tartaglia de como resolver a equação cúbica e publicou o resultado em 1545, em Nuremberg, na obra *Ars Magna*, um grande tratado em latim de álgebra:

(...) os protestos de Tartaglia foram rebatidos por Ludovico Ferrari, o mais brilhante dos discípulos de Cardano, que argumentou ter seu mestre recebido informações de del Ferro, através de um terceiro personagem, ao mesmo tempo que acusava Tartaglia de ter plagiado a mesma fonte. Seguiu-se uma polêmica acerca da qual Tartaglia, com certeza, deu-se por feliz de sair vivo. (Eves, 2011, p.303).

Os matemáticos daquela época perceberam inicialmente que toda cúbica completa poderia ser reduzida a uma cúbica sem o termo quadrático, substituindo a variável original

por  $y - \frac{a}{3}$ ,  $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$ , obtendo:  $y^3 + \left(\frac{-a^2}{3} + b\right)y - \left(\frac{-2a^3}{27} + \frac{ab}{3} - c\right) = 0$ .

Chamando de  $p$  e  $q$  os termos entre parêntesis chega-se a:  $y^3 + py - q = 0$ , ou seja,  $y^3 + py = q$ . A solução de Cardano para  $y^3 + py = q$  é baseada na identidade cúbica:

$$(A - B)^3 = A^3 - 3A^2B + 3AB^2 - B^3$$

$$(A - B)^3 = -3AB(A - B) + (A^3 - B^3)$$

$$(A - B)^3 + 3AB(A - B) = (A^3 - B^3)$$

$$A - B = y \rightarrow \begin{cases} y^3 + 3AB y = A^3 - B^3 \\ y^3 + p y = q \end{cases}$$

Comparando as duas equações temos:  $\begin{cases} 3AB = p \Rightarrow B = \frac{p}{3A} \\ A^3 - B^3 = q \end{cases}$ , e resolvendo em A e B, obtem-se:  $y =$

$$\sqrt[3]{\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} - \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}}.$$

Rafael Bombelli (1526-1572) aplicou está fórmula na resolução da equação  $x^3-15x=4$ , obteve a seguinte solução:  $x = \sqrt[3]{2 + \sqrt{-121}} - \sqrt[3]{2 - \sqrt{-121}}$ . A aparente contradição notada por Bombelli, a extração da raiz negativa de  $-121$ , reside no fato que a equação possui soluções reais, a saber:  $x = 4$ ,  $x = -1+\sqrt{3}$  e  $x = -1-\sqrt{3}$ . Desse modo, aceitar as raízes quadrática de números negativos era algo perfeitamente lógico.

Bombelli fez  $\sqrt[3]{2 + \sqrt{-121}} = a+b\sqrt{-1}$  e  $\sqrt[3]{2 - \sqrt{-121}} = a-b\sqrt{-1}$  (usando a notação moderna), e obteve  $a=2$ ,  $b=1$  e daí  $x=4$ :

$$x^3 = 15x + 4$$

$$\begin{cases} p = 15 \\ q = 4 \end{cases}$$

$$x^3 = px + q$$

$$\begin{aligned}
 x &= \sqrt[3]{\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}} + \sqrt[3]{\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}} = \sqrt[3]{\frac{4}{2} + \sqrt{\left(\frac{4}{2}\right)^2 - \left(\frac{15}{3}\right)^3}} + \\
 &\sqrt[3]{\frac{4}{2} - \sqrt{\left(\frac{4}{2}\right)^2 - \left(\frac{15}{3}\right)^3}} = \sqrt[3]{2 + \sqrt{4 - 125}} + \sqrt[3]{2 - \sqrt{4 - 125}} = \sqrt[3]{2 + \sqrt{-121}} + \sqrt[3]{2 - \sqrt{-121}} = \\
 &\sqrt[3]{2 + 11\sqrt{-1}} + \sqrt[3]{2 - 11\sqrt{-1}}. \text{ Fazendo } u = (2 + \sqrt{-1})^3 = 2^3 + 3 \cdot 2^2 \cdot \sqrt{-1} + 3 \cdot 2 \cdot (\sqrt{-1})^2 + \\
 &(\sqrt{-1})^3 = 8 + 12\sqrt{-1} + 6 \cdot (-1) - \sqrt{-1} = 8 + 12\sqrt{-1} - 6 - \sqrt{-1} = (2 + \sqrt{-1})^3 = 2 + 11\sqrt{-1}, \\
 &\text{logo: } u = \sqrt[3]{2 + 11\sqrt{-1}}. \text{ Portanto, } u = 2 + \sqrt{-1} \text{ e, do mesmo modo, } v = 2 - \sqrt{-1}. \text{ Assim: } x = u + \\
 &v \rightarrow x = 2 + \sqrt{-1} + 2 - \sqrt{-1} \rightarrow x = 4 + \sqrt{-1} - \sqrt{-1} = 4, \text{ conforme era esperado.}
 \end{aligned}$$

Assim, percebeu que aceitar tal situação era possível e foi mais além, escrevendo o livro “Álgebra Opera”, onde aparece a teoria dos números complexos, pela primeira vez, razoavelmente bem estruturada.

Com os estudos de Bombelli, foi possível observar que algumas vezes as raízes quadradas de números negativos são necessárias para encontrar soluções reais. Ou seja, ele mostrou que a aparência destas expressões nem sempre é um sinal de que o problema não é solúvel. Com estas ideias, muitos matemáticos puderam notar que os números complexos eram ferramentas úteis para alguns estudos.

Entretanto, a Matemática teve que esperar alguns anos para que os números complexos se desenvolvessem de fato. O próximo passo foi a representação geométrica dos números complexos, conhecida hoje como plano Argand-Gauss. Segundo Eves (2011, p. 522):

Caspar Wessel (1745-1818), Jean Robert Argand (1768-1822) e Gauss foram os primeiros autores a notar a associação, agora familiar, entre números complexos e pontos reais do plano. Wessel e Argand não eram professores de matemática; Wessel era um agrimensor, nascido em Jorud, Noruega, e Argand um guarda-livros, nascido em Genebra, Suíça.

Para Eves, “a prioridade da ideia cabe a Wessel, com um artigo apresentado a Academia Real Dinamarquesa de Ciências em 1797 e publicado nas *Atas* dessa Academia em 1799” (2011, p. 522). Eves afirma também que: “A contribuição de Argand figura num artigo publicado em 1806 e mais tarde, em 1814, apresentado nos *Annales de Mathematiques* de Gergonne” (2011, p.522). Ainda Eves menciona que:

O artigo de Wessel permaneceu excluído do mundo matemático em geral até que foi descoberto por um antiquário cerca de 98 anos depois de ter sido escrito. Foi então republicado na oportunidade do centenário de seu primeiro aparecimento. Esse atraso no reconhecimento geral da realização de Wessel explica por que o plano complexo veio a ser chamado *plano de Argand* em vez de *plano de Wessel* (Eves, 2011, p. 522).

A contribuição dada por Gauss desta importante ideia, segundo Eves, está implícita em sua tese de doutorado:

A contribuição de Gauss se encontra numa memória apresentada a Sociedade Real de Gottingen em 1831, posteriormente reproduzida nas suas *Obras Reunidas*. Gauss assinalou que a ideia básica da representação pode ser encontrada em sua tese de doutorado de 1799. A afirmação parece procedente e explica por que o plano complexo e frequentemente conhecido como *plano de Gauss*. (Eves, 2011, p.522).

O plano Argand-Gauss consiste em duas retas perpendiculares. Na horizontal apresenta-se a reta dos números reais, que representa a parte real do número complexo, e na perpendicular apresenta-se o eixo imaginário, representa a parte imaginária do número complexo, como mostra a figura abaixo.

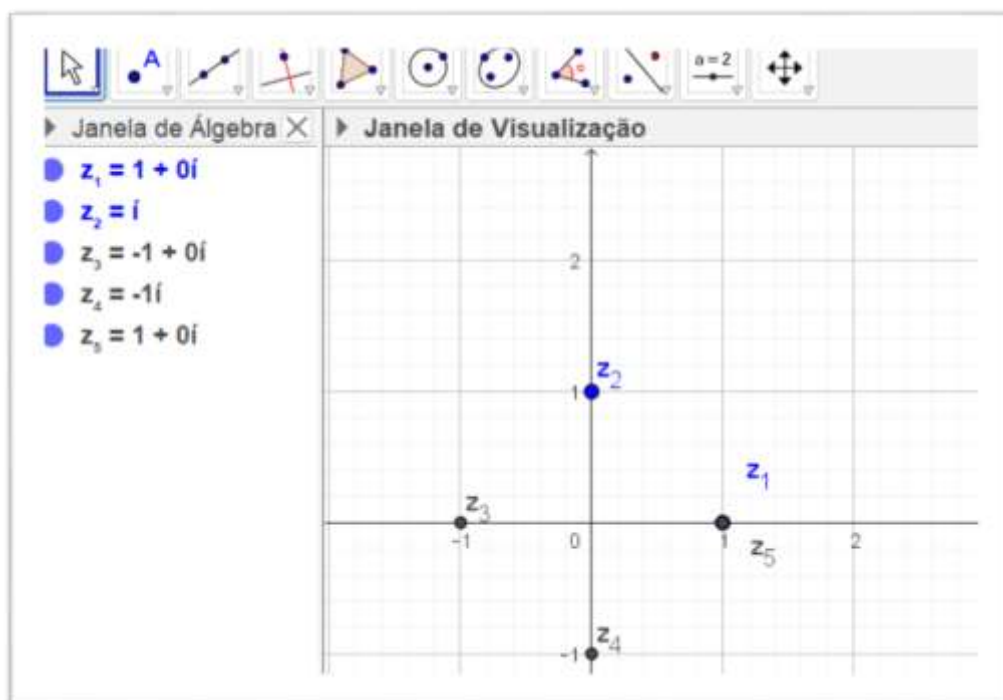


Figura 1: Plano Argand-Gauss e representação das potências do número  $i$ .

Na figura 1, está a justificativa do plano complexo possuir eixos coordenados perpendiculares, mantendo a coerência com sua álgebra. Nesta, o produto dos números complexos  $(0+i)(1+0i) = (0+i)$  e continuando este cálculo sucessivamente obtemos a sequência,  $i \cdot i = -1$ ,  $i \cdot (-1) = -i$ ,  $i \cdot (-i) = 1$ , obtendo os vetores  $z_1, z_2, z_3, z_4$  e finalmente  $z_5$ , que coincide com  $z_1$ . Como se pode ver esses números

complexos são vetores perpendiculares, e que as potências de  $i^n$ ,  $n$  natural, possuem quatro resultados possíveis.

A simples ideia (sic) de considerar as partes real e imaginária de um número complexo  $a + bi$  como as coordenadas retangulares de um ponto do plano fez com que os matemáticos se sentissem muito mais a vontade com os números imaginários, pois esses números podiam agora ser efetivamente visualizados, no sentido de que a cada número complexo corresponde um único ponto do plano e vice-versa. Ver e crer, e ideias anteriores sobre a não existência e o caráter fictício dos números imaginários foram geralmente abandonadas (Eves, 2011, p.524).

A ideia de representar os números complexos geometricamente foi muito importante para o desenvolvimento da teoria:

## A ÁLGEBRA E A GEOMETRIA DOS NÚMEROS COMPLEXOS.

Com esta introdução histórica pode-se agora trabalhar no sentido de mostrar a uma articulação entre a álgebra e a geometria dos números complexos.

### SOMA E SUBTRAÇÃO DE NÚMEROS COMPLEXOS

Primeiro é preciso notar que a todo número complexo  $z = a + bi$ , existe um único ponto que o representa no plano Argand-Gauss. Sejam dados os números complexos:  $z = a + bi, w = c + di$ , então a soma e subtração de números complexos é definida da seguinte maneira:  $z \pm w = (a \pm c) + (b \pm d)i$ . A operação de soma e subtração possuem propriedades geométricas importantes, podem ser caracterizadas como as mesmas operações realizadas com vetores.

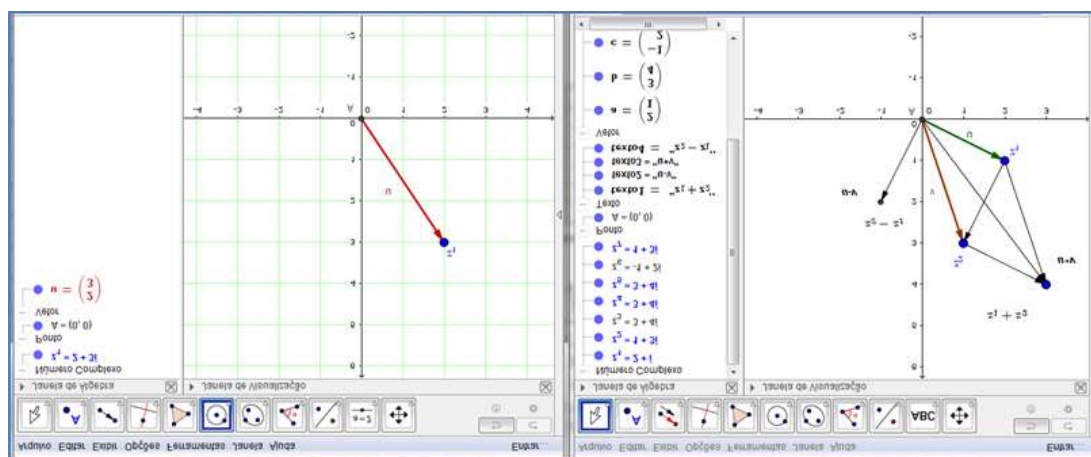


Figura 2: Representação geométrica de um número complexo (figura da esquerda). Soma e subtração de números complexos, utilizando a ideia de vetor. A soma é a diagonal principal e a diferença é a diagonal secundária (figura da direita).

## MULTIPLICAÇÃO DE NÚMEROS COMPLEXOS

Na introdução deste trabalho viu-se que Bombelli passou a operar com números complexos aplicando os mesmos critérios aplicados aos números reais. Assim, dado  $z = a + bi$  e  $w = c + di$ , então, definimos  $zw = (a + bi) \cdot (c + di) = (ac - bd) + (ad + bc)i$ .

Para compreender-se geometricamente a multiplicação de números complexos, vamos inicialmente descrever o significado geométrico da multiplicação de um número real por um complexo e da multiplicação da unidade imaginária por um complexo.

O produto de número complexo por um número real puro é um número que está sobre uma reta que passa pela origem e pelo ponto determinado pelo número complexo.

A multiplicação de um número complexo pela unidade imaginária  $i$ , algebricamente nos dá  $i(a + bi) = -b + ai$  e geometricamente, equivale a uma rotação de  $90^\circ$ , no sentido anti-horário, preservando o módulo.

Podemos agora pensar o produto de dois números complexos da seguinte maneira, usando a propriedade distributiva:  $(a + bi)(c + di) = a(c + di) + bi(c + di)$ . A parcela  $a(c + di)$  está numa reta que passa por  $(c, d)$  e pela origem. A parcela  $bi(c + di)$  está numa reta perpendicular a reta que passa por  $(c, d)$  e a origem. Depois, soma-se as duas parcelas. Assim, reduzimos a multiplicação à soma de dois vetores perpendiculares, o resultado é a diagonal do retângulo. Observa-se, a partir disso, que a potência de números complexos pode ser reduzida a somas sucessivas de números complexos perpendiculares.

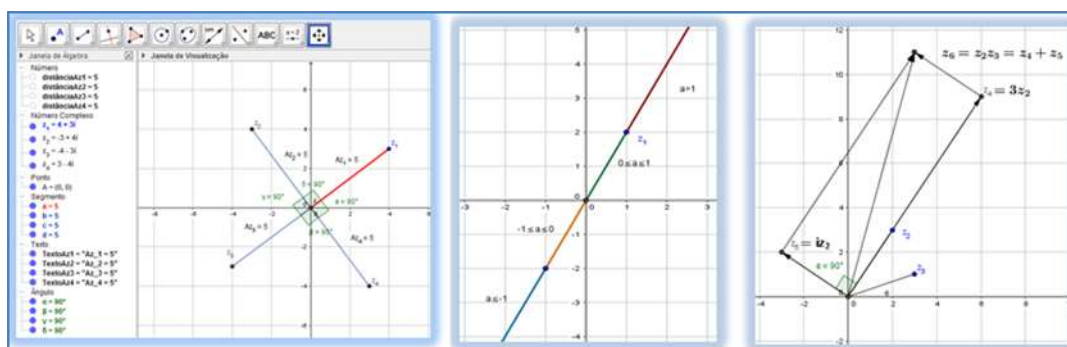


Figura 3: Possíveis potências inteiras da unidade imaginária  $i$  (figura da esquerda). Multiplicação de um número complexo por um real puro (figura do centro). Produto de dois números complexos (figura da direita).

A divisão fica reduzida a multiplicação através da multiplicação pelo conjugado do denominador, no numerador e denominador. Assim, se reduz à soma e passa a ter a mesma interpretação do produto.

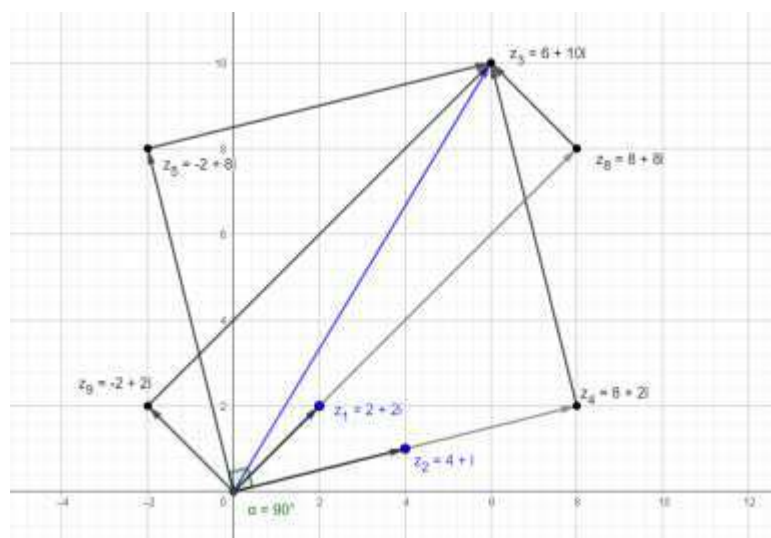
Do exposto, ademais, pode-se deduzir as propriedades dos números complexos. A título de ilustração, a propriedade comutativa pode ser pensada da seguinte modo:  $(a + bi)(c + di) = a(c + di) + bi(c + di) = c(a + bi) + di(a + bi)$ . A expressão do meio representa um retângulo, assim como a última. São retângulo diferentes, mas a diagonal comum aos dois retângulos representa o resultado da multiplicação dos dois números complexos.

Nesta interpretação geométrica das operações de números complexos, pode-se visualizar as suas propriedades de maneira a acrescentar uma visualização melhor desta, para tanto, ilustra-se a propriedade comutativa da multiplicação de números complexos.

A propriedade comutativa é uma das propriedades básicas da aritmética que afirma que a ordem realizamos uma operação é indiferente ao resultado. Em outras palavras, dados dois números complexos, a ordem em que os multiplicamos não muda o resultado, ou seja, obtém-se a mesma diagonal.

Figura 4: Interpretação da propriedade comutativa dos números complexos:  $z_1 \cdot z_2 = z_2 \cdot z_1$ .

Dois retângulos de mesma diagonal.



Propriedade comutativa de dois números complexos

$$z_1 = 2 + 2i$$

$$z_2 = 4 + i$$

$$z_1 \cdot z_2 = z_3 = 6 + 10i$$

$$z_2 \cdot z_1 = z_3 = 6 + 10i$$

Fonte: do autor

Matematicamente, pode-se escrever a propriedade comutativa para os números complexos com relação a multiplicação como:  $z_1 \cdot z_2 = z_2 \cdot z_1$ , e para adição:  $z_1 + z_2 = z_2 + z_1$ .

A partir dessa interpretação geométrica outras propriedades podem ser interpretadas, com isso, os números complexos podem ser compreendidos em sua totalidade, algébrica e geométrica.

## FORMA POLAR OU TRIGONOMÉTRICA DOS NÚMEROS COMPLEXOS

Um número complexo fica bem determinado quando conhecemos seu módulo e seu argumento. Dado  $z = a + bi$ ,  $z = |z|(\cos\theta + i\sin\theta)$ .

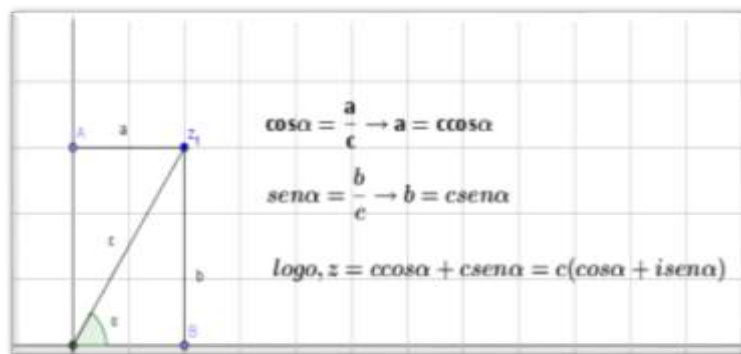


Figura 5. Dedução da forma polar ou trigonométrica.

A partir de agora podemos reinterpretar as operações de multiplicação e divisão de números complexos de uma forma diferente daquelas já apresentadas, incluindo suas propriedades, como está explícito no apêndice.

## MULTIPLICAÇÃO DE NÚMEROS COMPLEXOS NA FORMA TRIGONOMÉTRICA

Consideremos os números complexos  $z$  e  $w$ , dados na forma trigonométrica:  $z =$

$|z|(\cos\theta + i\sin\theta)$  e  $w = |w|(\cos\alpha + i\sin\alpha)$ . O produto  $z \cdot w$  é dado por:  $zw =$

$|z|(|w|(\cos\theta + i\sin\theta)(\cos\alpha + i\sin\alpha)) = |z||w|(\cos\theta + i\sin\theta)(\cos\alpha + i\sin\alpha) =$

$|z||w|((\cos\theta\cos\alpha - \sin\theta\sin\alpha) + i(\sin\theta\cos\alpha + \sin\alpha\cos\theta)) = |z||w|(\cos(\theta +$

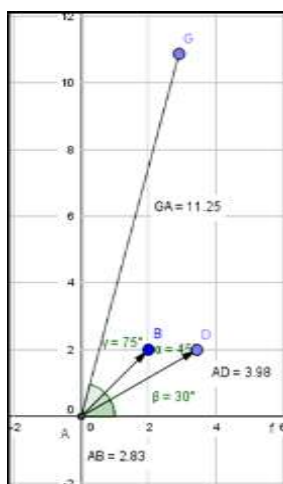
$\alpha) + i\sin(\theta + \alpha))$ . Portanto:  $zw = |z||w|(\cos(\theta + \alpha) + i\sin(\theta + \alpha))$ . Logo, para multiplicar dois números complexos na forma polar basta saber os seus módulos e seus argumentos. O produto é obtido multiplicando os módulos, somando os argumentos e calculando o seno e cosseno, conforme a fórmula dada.

A partir de agora podemos reinterpretar as operações de multiplicação e divisão de números complexos de uma forma diferente daquelas já apresentadas, incluindo suas propriedades, como está explícito no apêndice.

## MULTIPLICAÇÃO DE NÚMEROS COMPLEXOS NA FORMA TRIGONOMÉTRICA

Consideremos os números complexos  $z$  e  $w$ , dados na forma trigonométrica:  $z = |z|(\cos\theta + i\text{sen}\theta)$  e  $w = |w|(\cos\alpha + i\text{sen}\alpha)$ . O produto  $z \cdot w$  é dado por:  $zw = |z|(\cos\theta + i\text{sen}\theta)|w|(\cos\alpha + i\text{sen}\alpha) = |z||w|(\cos\theta + i\text{sen}\theta)(\cos\alpha + i\text{sen}\alpha) = |z||w|((\cos\theta\cos\alpha - \text{sen}\theta\text{sen}\alpha) + i(\text{sen}\theta\cos\alpha + \text{sen}\alpha\cos\theta)) = |z||w|(\cos(\theta + \alpha) + i\text{sen}(\theta + \alpha))$ . Portanto:  $zw = |z||w|(\cos(\theta + \alpha) + i\text{sen}(\theta + \alpha))$ . Logo, para multiplicar dois números complexos na forma polar basta saber os seus módulos e seus argumentos. O produto é obtido multiplicando os módulos, somando os argumentos e calculando o seno e cosseno, conforme a fórmula dada.

Figura 6. Multiplicação na forma polar. Multiplicamos os módulos e somamos os argumentos.



## DIVISÃO DE NÚMEROS COMPLEXOS NA FORMA TRIGONOMÉTRICA

A divisão é dada como segue:  $\frac{z}{w} = \frac{|z|(\cos\theta + i\text{sen}\theta)}{|w|(\cos\alpha + i\text{sen}\alpha)} = \frac{|z|(\cos\theta + i\text{sen}\theta)}{|w|(\cos\alpha + i\text{sen}\alpha)} \cdot \frac{(\cos\alpha - i\text{sen}\alpha)}{(\cos\alpha - i\text{sen}\alpha)} = \frac{|z|}{|w|}((\cos\theta\cos\alpha + \text{sen}\theta\text{sen}\alpha) + i(\cos\theta\text{sen}\alpha - \text{sen}\theta\cos\alpha)) = \frac{|z|}{|w|}(\cos(\theta - \alpha) + i\text{sen}(\theta - \alpha))$ . Ou seja, para dividir dois números complexos, dividimos seus módulos e subtraímos seus argumentos e substituímos na fórmula.

## POTENCIAÇÃO DE NÚMEROS COMPLEXOS NA FORMA TRIGONOMÉTRICA

Agora generalizamos a fórmula para potenciação de números complexos para potências inteiras o que passaremos a chamar de Primeira fórmula de Moivre. A potência  $z^n$ ,  $n \in \mathbb{N}^*$ , é dada por  $z^n = z \cdot z \cdot \dots \cdot z$ . Aplicando o resultado anterior, obtemos:  $z^n = z \cdot z \cdot \dots \cdot z = |z| \cdot |z| \cdot \dots \cdot |z| \cdot (\cos(\theta + \theta + \dots + \theta) + i \operatorname{sen}(\theta + \theta + \dots + \theta))$ , isto é,  $z^n = |z|^n (\cos(n\theta) + i \operatorname{sen}(n\theta))$  (fórmula de Moivre).

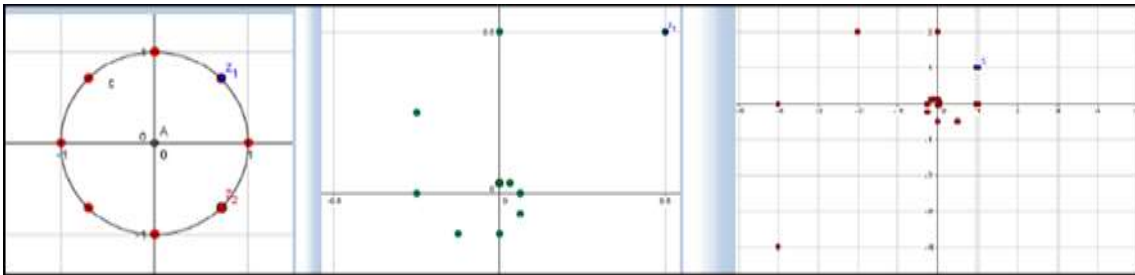


Figura 7. Potência de um número complexo de módulo um. Potências de um número complexo de módulo menor que um. Potências de um número complexo de módulo maior que um.

## RADICIAÇÃO: RAÍZES ENÉSIMAS DE NÚMEROS COMPLEXOS

Dado um número complexo  $z$  e um número natural  $n$ ,  $n > 1$ , definimos em  $\mathbb{C}$ , a raiz enésima de  $z$  como sendo um número complexo  $w$ , tal que,  $w^n = z$ . Consideremos o número complexo  $z \neq 0$  tal que  $z = |z|(\cos\theta + i \operatorname{sen}\theta)$ . Encontrar as raízes enésimas de  $z$  significa determinar todos os números complexos distintos do tipo:  $w = |w|(\cos\alpha + i \operatorname{sen}\alpha)$ , de modo que,  $w^n = z$ , para  $n > 1$ , ou seja, procurar números  $w$  tal que:  $(|w|(\cos\alpha + i \operatorname{sen}\alpha))^n = |z|(\cos\theta + i \operatorname{sen}\theta)$ .

Aplicando a primeira fórmula De Moivre, temos:  $|w|^n(\cos n\alpha + i \operatorname{sen} n\alpha) = |z|(\cos\theta + i \operatorname{sen}\theta)$ . Da igualdade:  $w^n = |w|^n(\cos n\alpha + i \operatorname{sen} n\alpha) = z = |z|(\cos\theta + i \operatorname{sen}\theta)$ . Vem  $|w|^n = |z|$ ,  $\cos n\alpha = \cos\theta$  e  $\operatorname{sen} n\alpha = \operatorname{sen}\theta$ . De  $|w|^n = |z|$ , temos  $|w| = \sqrt[n]{|z|}$  (sempre real e positivo). De,  $\cos n\alpha = \cos\theta$  e  $\operatorname{sen} n\alpha = \operatorname{sen}\theta$ , temos:  $n\alpha = \theta + 2k\pi \Rightarrow \alpha = \frac{\theta + 2k\pi}{n}$  (com  $k \in \mathbb{Z}$ ). Mas, para que  $0 \leq \alpha < 2\pi$ , é necessário que  $0 \leq k \leq n - 1$ .

Assim, concluímos que:  $w_k = \sqrt[n]{|z|} \left( \cos \frac{\theta + 2k\pi}{n} + i \operatorname{sen} \frac{\theta + 2k\pi}{n} \right)$  (segunda fórmula de De Moivre) para  $k = 0, 1, 2, \dots, (n - 1)$ . Após  $k = n - 1$ , os valores começam a se repetir. Então, de zero a  $n - 1$ , temos  $n$  raízes distintas. Observemos que essa fórmula também pode ser escrita assim:  $w_k = \sqrt[n]{|z|} \left( \cos \left( \frac{\theta}{n} + \frac{2\pi k}{n} \right) + i \operatorname{sen} \left( \frac{\theta}{n} + \frac{2\pi k}{n} \right) \right)$ .

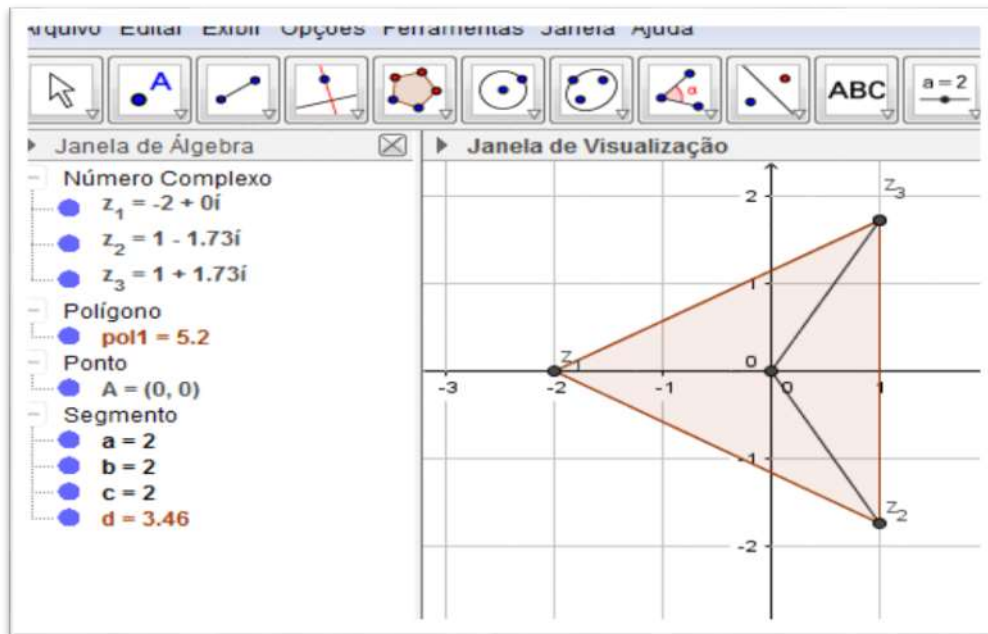


Figura 8. As raízes de um número complexo são os vértices de um polígono regular.

Assim, qualquer número complexo  $z$ , não nulo, admite  $n$  raízes enésimas distintas. As raízes enésimas de um número complexo determinam um polígono regular, com centro na origem e ainda que soma das raízes é nula. Essa é uma propriedade válida para todas as raízes enésimas de um dado número complexo.

## CONCLUSÃO

A história dos números complexos revela uma forte articulação entre álgebra e geometria. Assim, é salutar incluir todos esses aspectos em seu ensino-aprendizagem, pois justifica a importância de seu ensino, sua importância científica como aplicações em outras áreas do conhecimento, o que justifica a importância de sua permanência no ensino atual.

O relacionamento entre álgebra e geometria, evidenciado pelo movimento lógico e histórico deste assunto tem o intuito de que o aluno possa notar a essência do conteúdo, fato relevante, para que transite de forma adequada, apropriando do objeto em sua totalidade, nos contextos da Matemática, permitindo-o alcançar o núcleo do objeto estudado, como está previsto na teoria do ensino desenvolvimental de Davíдов (1988).

O *software* Geogebra é fundamental para visualizar as propriedades de forma dinâmica explorando diversos casos, possibilitando, inclusive, formular conjecturas, através da experimentação que este permite (Vaz,2013). A articulação entre álgebra e geometria é concretizada e contemplada nas janelas

gráfica e algébrica, na mesma tela, onde o aluno pode relacionar as operações. Ainda ressalta-se a possibilidade de por os objetos em movimento neste *software*, podendo observá-los em diferentes posições, permitindo o amadurecimento matemático pela interatividade e demonstrações visuais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dante, L. R. (2010). *Matemática: contexto e aplicações*. São Paulo: Ática.

Davídov, V.V. (1988). *La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico: investigación teórica y experimental*. Tradução: Marta Shuare. Moscú: Progreso.

Eves, H. (2011) *Introdução à história da matemática* (5a ed.); tradução Hygino H. Domingues. Campinas, SP: Editora da Unicamp.

Vaz, D. A. F. e Jesus, E. A. (2013). Investigação Matemática com o Geogebra: Um Exemplo com Matrizes e Determinantes. *Boletim GEPEM (Online)*, 62, 165-170.

# Capítulo 8



10.37423/230507786

## O USO DO EXPERIMENTO PÊNDBULO SIMPLES E SISTEMA MASSA- MOLA: UMA ESTRATÉGIA METODOLÓGICA COM BASE NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

*Amanda Conrado Lima*

*Secretaria de Educação do Estado do Piauí*

*Gilson Mauriz Gomes*

*Instituto Federal do Piauí*

*Marco Aurélio Clemente Gonçalves*

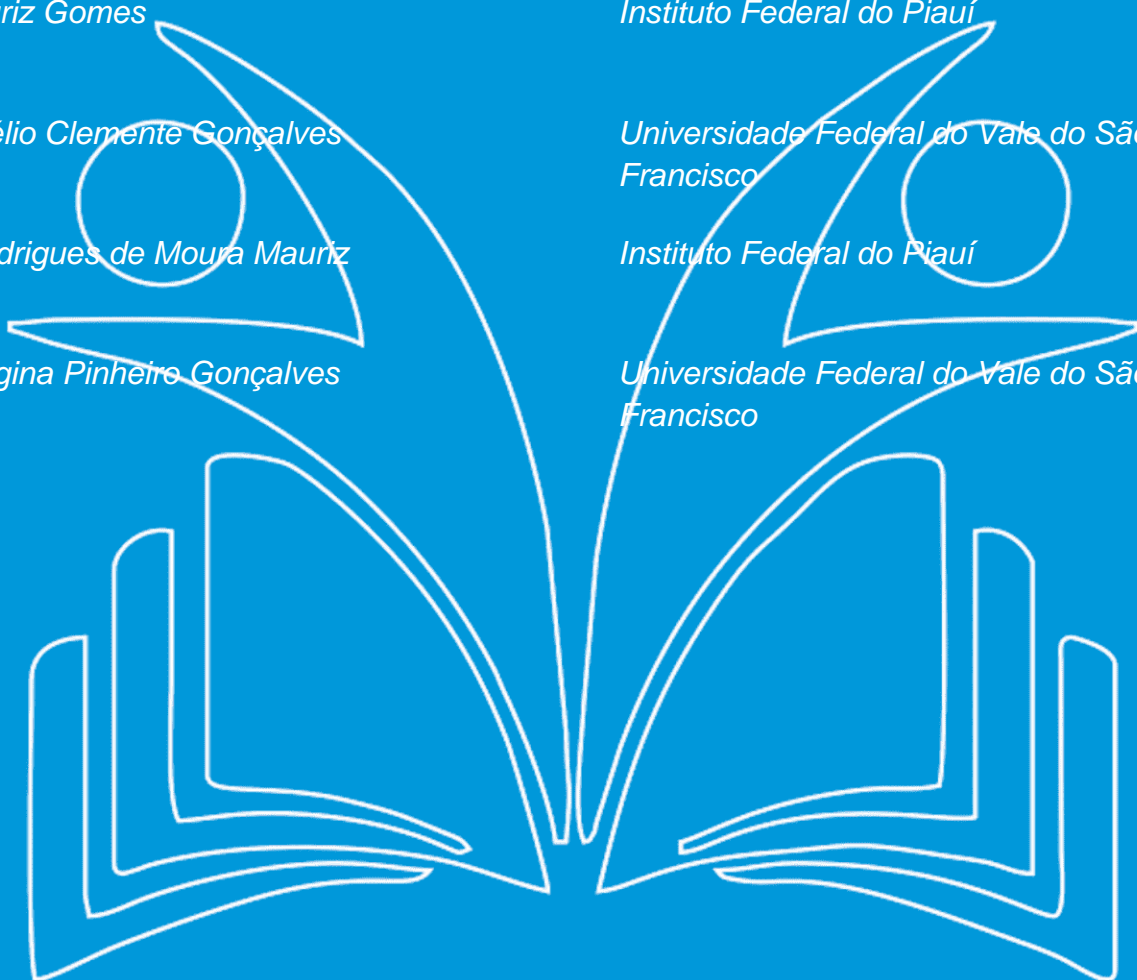
*Universidade Federal do Vale do São Francisco*

*Tatiane Rodrigues de Moura Mauriz*

*Instituto Federal do Piauí*

*Mariele Regina Pinheiro Gonçalves*

*Universidade Federal do Vale do São Francisco*



**Resumo:** *Este artigo apresenta uma proposta didática, uma atividade orientadora de ensino que tem como objetivo investigar o uso do experimento pêndulo simples como uma estratégia metodológica para alcançar a aprendizagem significativa no estudo do movimento harmônico simples na disciplina de física. O público alvo são alunos do segundo ano do ensino médio do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Campus Picos. A metodologia utilizada na pesquisa é aplicada, descritiva, foram produzidos dados a partir de questionários e mapas conceituais. Os resultados foram analisados quanti-qualitativamente. A partir da análise dos questionários, constatou-se que a prática experimental promoveu aos discentes uma compreensão melhor dos conceitos físicos de tal forma que os alunos revelaram que a partir dessa atividade eles se sentiram mais capazes de reproduzir os conhecimentos adquiridos na aula. Enquanto que ao analisar os resultados advindos do desempenho dos alunos durante a execução dessa proposta pedagógica, percebeu-se um avanço significativo na elaboração dos mapas conceituais quanto à aprendizagem. Assim, conclui-se que a prática experimental colaborou proporcionando um ambiente satisfatório para a aprendizagem significativa.*

**Palavras-chave:** Aprendizagem significativa. Movimento Harmônico Simples. Ensino de física.

## INTRODUÇÃO

O ensino, na educação básica brasileira, vem sendo ministrado de forma mecanizada no qual o discente é predominantemente instigado a memorizar conceitos e fórmulas. Assim, na medida em que o ensino não promove a contextualização, acaba propiciando o baixo desempenho escolar e produzindo altos índices de evasão.

Dados divulgados pelo Censo Escolar através do portal do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), com base nos dados de 2014 e 2015 o ensino médio teve um índice de evasão de 12,9% para alunos matriculados no primeiro ano do ensino médio e de 12,7% para aqueles do segundo ano. Esses índices variaram de acordo com a região, no Mato Grosso, por exemplo, esses índices chegaram a 16%.

As políticas diferenciadas de avaliação para ingresso nas universidades públicas pouco têm influenciado a prática docente em sala de aula, o que vem prevalecendo são aulas expositivas e provas tradicionais como métodos avaliativos da aprendizagem. Diante deste cenário, propôs-se realizar uma atividade orientadora de ensino buscando alcançar a aprendizagem significativa através de uma aula expositiva seguida por uma aula experimental. Para essa atividade, buscou-se promover a interação dos alunos com o experimento a fim de despertar a curiosidade e a construção do saber através do conhecimento prévio dos discentes.

A aprendizagem tem sido objeto em diversas pesquisas, onde a busca em entender os fatores que interferem na cognição humana tem sido defendida através de visões distintas da psicologia, assim:

A aprendizagem somente ocorre se quatro condições básicas forem atendidas: a motivação, o interesse, a habilidade de compartilhar experiências e a habilidade de interagir com os diferentes contextos. Essas condições, uma vez atendidas, somadas ao funcionamento dos processos gerais, tornam possível o ato de aprender de forma significativa. (SANTOS, 2013, p. 33).

Entende-se que uma aprendizagem significativa é alcançada quando o ensino ocorre a partir da construção de saberes, ou seja, com base nos conhecimentos preexistentes. Para Moreira (2012), na aprendizagem significativa as ideias devem ser expressas simbolicamente interagindo de maneira substantiva e não arbitrária apoiando-se no que o aprendiz já sabe.

Ainda segundo Moreira (2012), o novo conhecimento deve interagir de forma literal, isto é, flexível e não arbitrária significa que essa interação não deverá ocorrer com qualquer conhecimento prévio, mas sim com uma informação específica e relevante preexistente na estrutura cognitiva do aprendiz.

Diante disso:

Para a ocorrência da aprendizagem significativa, portanto, é essencial determinar o que o aluno já sabe, para, posteriormente, introduzir conceitos novos, em conformidade com a bagagem advinda de seu dia a dia, em consonância com seus conhecimentos prévios. (SOUZA & BORUCHOVITCH, 2010, p. 196).

Segundo Souza e Boruchovitch (2010), na busca pela aprendizagem significativa, o mapa conceitual pode ser um meio para alcançar essa finalidade podendo este ser considerado, dentre outras possibilidades, como uma ferramenta avaliativa ou estratégia de ensino no qual deve sempre ser utilizado com uma proposta teórica clara com objetivos previamente estabelecidos. Ao construir um mapa conceitual, através de uma estratégia metodológica:

[...]pode-se elencar-se inicialmente dois conceitos principais inseridos em determinado assunto, e então uni-los graficamente por meio de uma palavra ou de uma frase de ligação, que expresse, explicitamente, essa relação atribuída. Esse procedimento é aparentemente simples, mas somente é possível de ser desempenhado pelo sujeito que efetivamente compreende a relação cabível entre esses conceitos, e assim é capaz de expressá-la (SILVA; CARVALHO & MOURA, 2016, p. 474).

Assim, quando um discente constrói um mapa conceitual ele reproduz os conhecimentos que foram adquiridos de forma hierárquica e pessoal. Dessa forma, de posse de mapas conceituais construídos pelos alunos, pode-se investigar se houve aprendizagem e como está disposta a estrutura cognitiva do estudante.

O mapa conceitual é uma ferramenta que segundo Moreira (2010), pode ser aplicado em uma diversidade de situações, e para variados fins, como: ferramenta para análise do currículo, técnica didática, recurso de aprendizagem e meio de avaliação. Considerando o mapa como ferramenta avaliativa, ainda de acordo com Moreira (2010), não existe mapa certo, nem errado, pois é algo em construção, porém deve-se ter cuidado a fim de não cair no relativismo de “tudo vale”, sendo que certos mapas não representam aprendizagem e podem ser analisados como falta de compreensão.

A avaliação de mapas conceituais é estritamente qualitativa, conforme Moreira (2010), não pode ser avaliado como testes tradicionais de múltipla escolha, geralmente a explicação oral do aluno facilita o professor nesta análise. Também pode ser dada uma realimentação para que refaça os mapas sempre que necessário, mesmo sendo um instrumento de avaliação qualitativa, não impede de fazer uma avaliação quantitativa, para isso atribui-se critérios mínimos em relação aos conceitos-chave para chegar a certa pontuação. Ainda na visão de Moreira os mapas conceituais:

[...] tem se mostrado úteis na facilitação da aprendizagem significativa, mas se mal utilizados podem também levar à aprendizagem mecânica: os alunos podem decorar mapas conceituais supostamente “certos” (MOREIRA, 2010, p.77).

Esse trabalho tem por objetivo comprovar que aulas promovidas através de uma atividade orientadora de ensino por meio da utilização de um experimento devem proporcionar um ambiente satisfatório para a aprendizagem significativa. Para tanto, a atividade experimental escolhida foi com base no Movimento Harmônico Simples (MHS) onde os objetivos foram: reconhecer um MHS a partir da oscilação de um pêndulo simples, obter a expressão senoidal  $x(t)$  e medir a aceleração da gravidade, através das informações obtidas com o experimento.

Para tanto, essa pesquisa teve como público alvo alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola pública federal. Os dados foram coletados a partir de questionário e mapa conceitual.

## METODOLOGIA

O público alvo dessa pesquisa é composto 24 alunos do segundo ano do ensino médio integrado ao curso técnico em informática do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Campus Picos.

Os resultados foram obtidos através de uma análise dos mapas conceituais produzidos pelas equipes de discentes e avaliação das respostas obtidas a partir de um questionário objetivo. O questionário utilizado foi composto por quatro (4) questões, onde cada questão era representada por uma afirmação na qual a equipe deveria discutir entre e escolher um número de 1 a 5.

As equipes foram orientadas a escolher uma alternativa de acordo com sua opinião em relação à afirmação do questionário. Essa escolha foi feita com base no Quadro 1, onde os números representam as respostas organizadas em um grau crescente de satisfação: a opção 1 corresponde à opinião discordo plenamente e a número 5 concordo plenamente.

**Quadro 1:** Quadro utilizado para coleta de dados do questionário

Discordo Plenamente				Concordo Plenamente
1	2	3	4	5

Fonte: Elaborado pelos autores

## PLANO DE COLETA DE DADOS

Inicialmente foi ministrada uma aula expositiva sobre movimento harmônico simples, ao término da exposição do conteúdo foi sugerido aos alunos que se organizassem em grupos. As equipes foram formadas e intituladas com o nome de cientistas famosos como: Isaac Newton, Galileu Galilei, Albert Einstein e Nikola Tesla. Logo após, foi feita uma avaliação diagnóstica na qual cada equipe foi orientada a construir um mapa conceitual a respeito dos conhecimentos adquiridos durante a aula expositiva.

Posteriormente, foi realizada uma segunda aula no laboratório de física da escola, onde os alunos interagiram com o experimento físico do pêndulo simples e do sistema massa-mola. Essa atividade foi realizada para que os discentes pudessem contextualizar de forma prática os conhecimentos conceituais adquiridos na aula expositiva.

Durante a atividade experimental foi proposto aos discentes diversas atividades utilizando um pêndulo simples. Primeiramente os discentes fizeram a medida da amplitude de oscilação, massa, fase inicial e o comprimento do pêndulo. Em seguida, com o auxílio de um cronômetro, cada equipe contou o número de oscilações do pêndulo em um intervalo de 10 segundos.

A posteriori as equipes foram orientadas a abandonarem o pêndulo por três vezes e após cada lançamento anotarem os dados coletados a fim de obter a média do período e determinaram indiretamente a frequência, pulsação e a velocidade tangencial. Em seguida repetiu-se o experimento alterando apenas a massa. Isso foi feito para que as equipes pudessem verificar quais fatores interferem no período de oscilações.

Após a prática experimental, foi oportunizado as equipes refazerem os mapas conceituais. Isso ocorreu para que os pesquisadores pudessem comparar os mapas e observar se houve evolução na aprendizagem após a prática experimental. Destaca-se também o fato de que para a exposição desses resultados os mapas conceituais produzidos pelos discentes foram fielmente transcritos no computador.

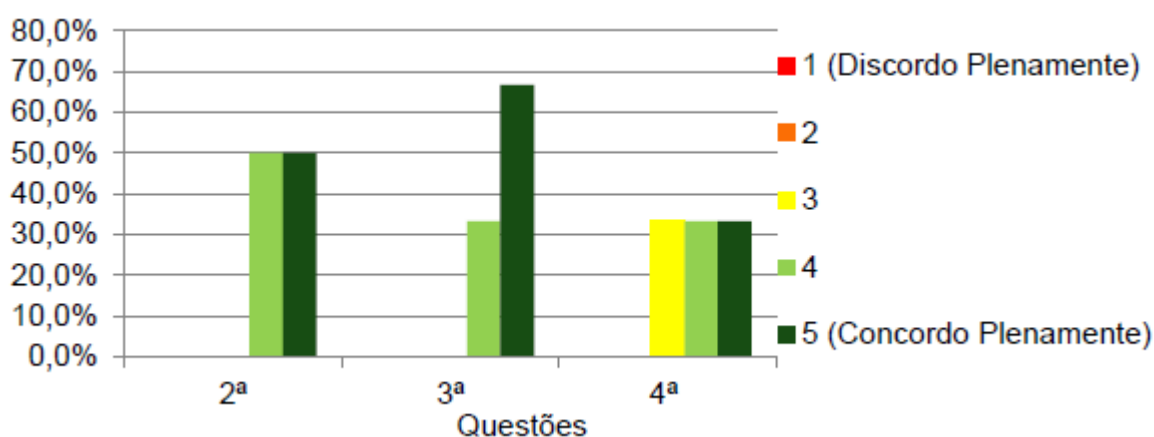
Por fim, as equipes foram convidadas a responder um questionário com questões objetivas sobre a prática experimental. Vale ressaltar que antes da coleta de dados, em aulas antecedentes, já havia sido trabalhado a construção de mapas conceituais com os discentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

Ao examinar os questionários, de acordo com a primeira questão, foi possível constatar que 100% dos alunos concordaram plenamente que a aula ficou mais estimulante com a utilização do experimento (Questão 1). A primeira questão trazia o seguinte enunciado: “A utilização do experimento deixou a aula mais estimulante”.

O Gráfico 1 está disponível para a análise de três questões (2ª a 4ª) do questionário.



**Gráfico 1:** Resultado do questionário

Em parte, o resultado encontrado na primeira questão pode ser atribuído ao fato de que com a prática experimental os discentes conseguiram compreender mais facilmente o conteúdo. Isso foi constatado na Questão 2, que trazia a seguinte afirmação: “Consegui compreender melhor os conceitos físicos a partir do manuseio do experimento”. Para este resultado, pode-se considerar que 100% das equipes concordaram que conseguiram compreender melhor os conceitos físicos a partir do manuseio do experimento, desses 50% marcou a opção 5 e os outros 50% marcou a opção 4.

Diante do enunciado: “Estudar o conteúdo de movimento harmônico simples através de um experimento me proporcionou uma maior admiração pela disciplina de física” 100% dos discentes concordaram (Questão 3). Desses, 66,67% concordou plenamente marcando o item 5 e 33,33% optou pela alternativa 4. Esse resultado revela o quão importante é a prática experimental no trabalho pela conquista da afeição dos alunos pela disciplina de física.

Por fim, a última afirmação do questionário, trouxe a seguinte expressão: “Após a utilização do experimento pendulo simples, sinto-me mais capaz de reproduzir os conhecimentos adquiridos em

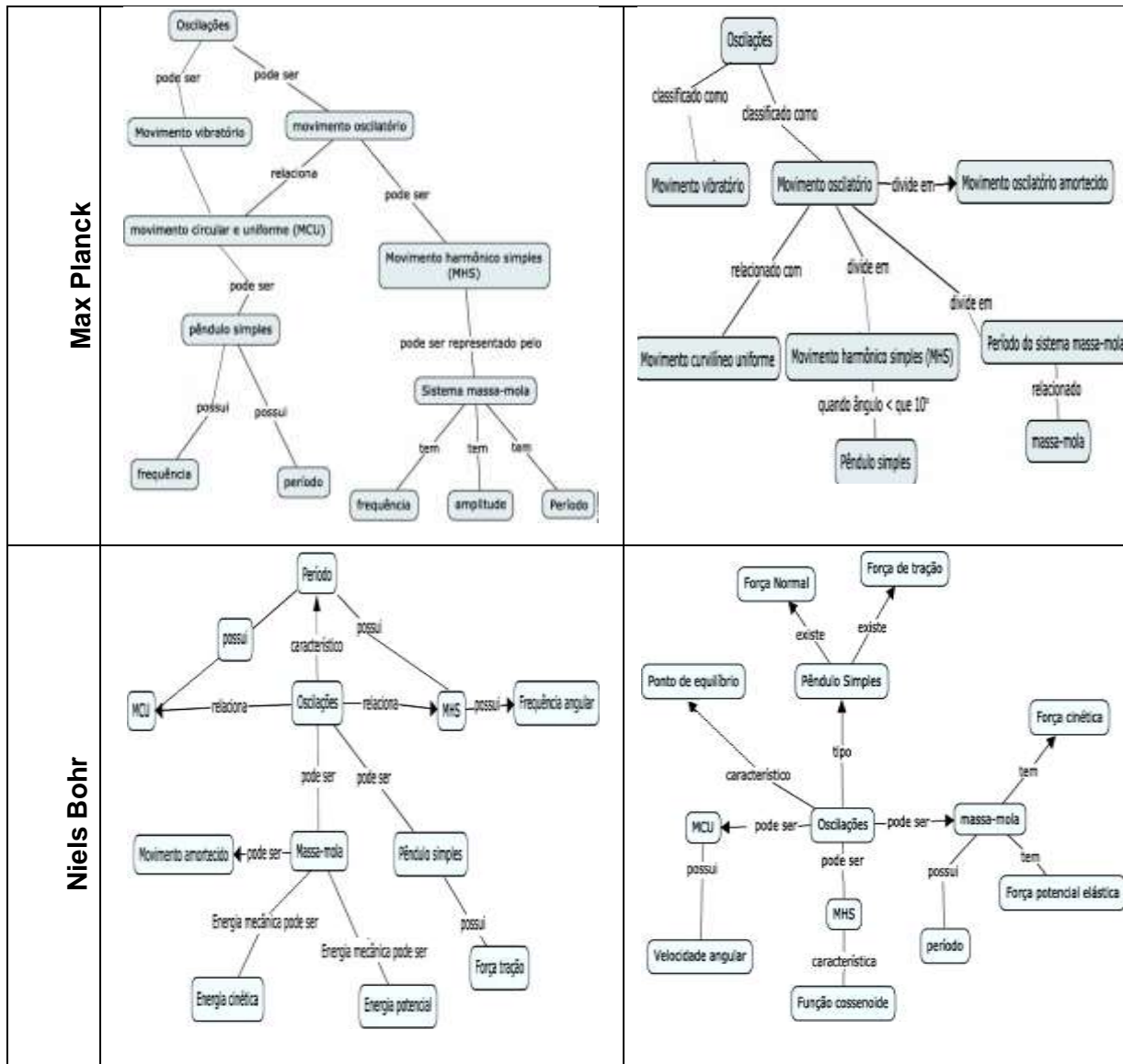
sala de aula sobre movimento harmônico simples”. A análise de dados revelou que 66,67% das equipes de aluno concordou que se sentiram mais capazes de aplicar os conhecimentos adquiridos em sala de aula sobre o movimento harmônico simples (Questão 4). Apenas 33,33% permaneceram neutros marcando a opção 3.

### ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS

O Quadro 2 traz os mapas conceituais produzidos pelas equipes de forma organizada possibilitando a comparação entre o mapa conceitual construído antes e após a aula experimental. Vale ressaltar que para a construção dessa pesquisa foram considerados apenas os mapas de três equipes, pois os demais foram feitos de forma ilegível ou se assemelharam a um organograma.

**Quadro 2:** Exposição dos mapas conceituais produzidos pelos alunos

Equipe	Mapa Conceitual Construído Antes do Experimento	Mapa Conceitual Construído após o Experimento
<b>Galileu Galilei</b>		



Fonte: Elaborado pelos autores

A partir de uma análise do Quadro 2, verificou-se que no primeiro mapa a equipe Galileu Galilei não relacionou a frequência ao sistema massa-mola, inverteu a ordem do período para o pêndulo simples e não citou o movimento amortecido. No segundo mapa a equipe manteve o erro de ligação para pêndulo simples, mas relacionou-o com a amplitude e comprimento. No entanto, não ligou o pêndulo a frequência e período, como também continuou sem mencionar o movimento amortecido.

A equipe Max Planck, classificou nos dois mapas o movimento vibratório como independente, já que uma vibração corresponde a uma oscilação não havia a necessidade de distinção. Em seu primeiro mapa, de forma equivocada, fizeram a ligação do pêndulo simples com o movimento circular uniforme, além de não mencionarem a importância da amplitude e comprimento do fio. Já para o sistema massa-mola fizeram as ligações corretas, porém não citaram o movimento amortecido.

No segundo mapa a equipe Max Planck não ligou o pêndulo simples ao período, frequência, amplitude e nem ao comprimento do fio. Além disso, desfizeram a ligação com o MCU e ligaram corretamente o movimento oscilatório amortecido. Porém, a massa-mola foi ligada apenas com o período e não consideraram a hierarquia dos conceitos.

Na construção dos seus mapas a equipe Niels Bohr não fez ligação entre o movimento oscilatório à frequência. Bem como, para o pêndulo simples, não o relacionou a amplitude, massa e nem ao comprimento do fio. Também é possível perceber que antes da prática experimental a equipe fez uma ligação equivocada do pêndulo com o movimento oscilatório amortecido, visto que este estudo é regido pela conservação da energia mecânica.

Ainda sobre a equipe Niels Bohr, na produção do mapa após o experimento, alguns erros como a ligação do movimento oscilatório amortecido com o pêndulo simples foram corrigidos. No entanto, também não foram mencionadas frequência e amplitude, já o sistema massa-mola foi conectado corretamente com o amortecido, mas se confundiram ao mencionar energia e força.

## CONCLUSÃO

A partir da análise dos questionários, constatou-se que a prática experimental promoveu aos discentes uma compreensão melhor dos conceitos físicos de tal forma que os alunos revelaram que a partir dessa atividade eles se sentiram mais capazes de reproduzir os conhecimentos adquiridos na aula. Dessa forma, a experimentação estimulou o caráter investigativo dos discentes e colaborou para a uma aprendizagem significativa.

Notou-se que a amostra adquiriu bastante avanço em termos de conteúdo com a aula expositiva, isso dificultou a análise da evolução dos mapas conceituais, pois o avanço na construção dos mesmos não foi tão expressivo como o esperado. No entanto, ainda assim ao analisar os mapas conceituais pode-se concluir que a maioria das equipes produziu o seu segundo mapa de forma mais coerente em comparação com o primeiro.

Assim, pode-se confirmar que a atividade experimental contribuiu para uma aprendizagem significativa mediante a evolução dos mapas conceituais.

## REFERÊNCIAS

CENSO ESCOLAR - Inep divulga dados inéditos sobre fluxo escolar na educação básica. INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. Disponível em: < [http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset\\_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/inep-divulga-dados-ineditos-sobre-fluxo-escolar-na-educacao-basica/21206](http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/inep-divulga-dados-ineditos-sobre-fluxo-escolar-na-educacao-basica/21206)>. Acessado em setembro de 2018.

MOREIRA, M. A. O que é Afinal Aprendizagem Significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Qurriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

\_\_\_\_\_, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. 1 ed. São Paulo: Centauro, 2010.

SANTOS, J. C. F. dos. Aprendizagem significativa: modalidades de aprendizagem e o papel do professor. 5 ed. Porto Alegre: Mediação, 2013.

SILVA, A. L. S. da; CARVALHO, G. S.; MOURA; P. R. G. ARTICULAÇÃO ENTRE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA, RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E PESQUISA ORIENTADA E MAPAS CONCEITUAIS COMO RECURSOS DIDÁTICOS QUALIFICADORES AO ENSINO (DE CIÊNCIAS). Revint - Revista interdisciplinar de ensino, pesquisa e extensão vol. 4 nº1, 2016.

SOUZA, N. A. de S.; BORUCHOVITCH, E. MAPAS CONCEITUAIS: ESTRATÉGIA DE ENSINO/APRENDIZAGEM E FERRAMENTA AVALIATIVA. Educação em Revista, Belo horizonte, volume 26, nº 03, Dezembro de 2010.

# Capítulo 9



10.37423/230507787

## O ENSINO DE FÍSICA NA FORMAÇÃO DOCENTE INICIAL EM CIÊNCIAS DA NATUREZA: ANÁLISE DE UM CURSO

*Franciele Braz de Oliveira Coelho*

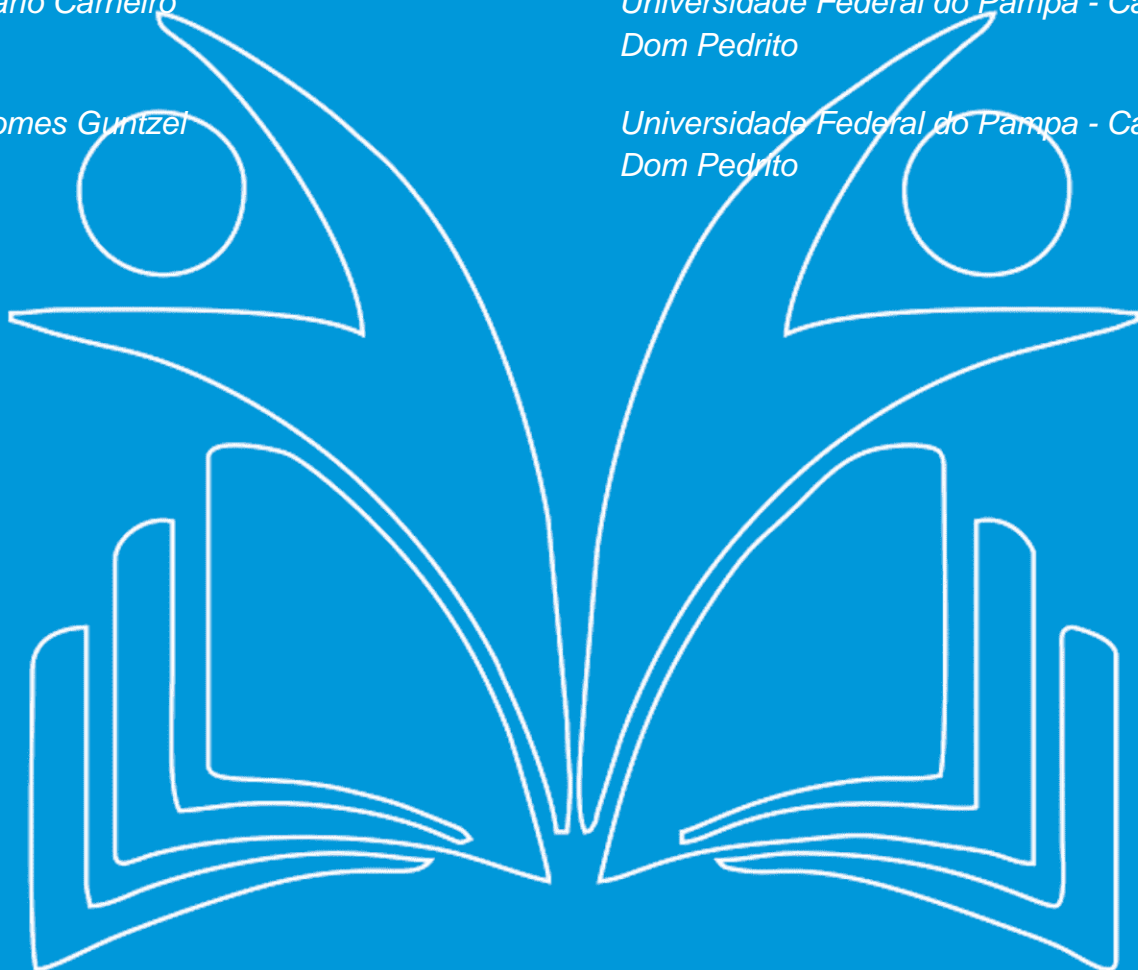
*Universidade Federal do Pampa - Campus Dom Pedrito*

*Janaína Viário Carneiro*

*Universidade Federal do Pampa - Campus Dom Pedrito*

*Fabiana Gomes Guntzel*

*Universidade Federal do Pampa - Campus Dom Pedrito*



**Resumo:** Este trabalho apresenta uma análise do Ensino de Física desenvolvido no curso de Ciências da Natureza Licenciatura da Universidade Federal do Pampa (Unipampa) Campus Dom Pedrito . O Projeto Pedagógico do Curso (PPC) do curso em questão destaca a importância na formação de sujeitos conscientes das exigências éticas e da relevância pública e social dos conhecimentos, habilidades, atitudes e valores adquiridos na vida universitária. A partir do perfil destacado, torna-se importante relatar de que forma o Ensino de Física contribui com o processo de formação destes professores. A pesquisa desenvolvida analisou diferentes versões do PPC do contexto citado (2015, 2019 e 2023), buscando investigar a forma como o Ensino de Física se apresenta nos documentos. Com a análise, verificou-se que o curso avançou nas diferentes versões de seus PPCs na abordagem dos ramos da Física, tanto em componentes curriculares obrigatórios como nos componentes complementares (optativos), sendo que na primeira versão analisada, não havia por exemplo, nenhum componente que se dedicasse exclusivamente ao estudo de tópicos relacionados à Física Moderna, o que já consta nas versões mais atualizadas. O profissional em Ciências da Natureza é diferenciado, por estudar uma área e não apenas um conhecimento específico, sendo assim, é preciso refletir e analisar esta nova conjuntura, para que a Física seja contemplada em sua totalidade, não de forma superficial, permitindo sua compreensão e aplicação em diferentes contextos.

**Palavras-chave:** Licenciatura. Formação docente. Física.

## INTRODUÇÃO

Atualmente verificam-se intensos avanços tecnológicos, que por sua vez, acarretam em uma intensa fase de produção de conhecimentos. Em meio a tantas mudanças, o Ensino de Física ainda é abordado em sala de aula por meio de uma metodologia tradicional, dificultando o entendimento de conceitos pelos alunos e suas relações com o cotidiano. De acordo com Xavier (2005), os alunos chegam ao Ensino Médio com medo e muitas vezes traumatizados com o Ensino de Física. Muitos visualizam este componente como algo impossível de se aprender e sem a noção de que a Física é uma ciência experimental e de grande aplicação no dia-a-dia. As dificuldades envolvem o entendimento teórico da área e a resolução de cálculos, tornando-se inevitável para o aluno, saber interpretar e utilizar equações e realizar cálculos matemáticos para resolução de problemas.

De acordo com Bonadiman (2005), as causas apontadas para os discentes não apreciarem a Física, e para explicar as dificuldades dos mesmos na aprendizagem, partem de vários fatores aos quais estão relacionados à: pouca valorização do profissional do ensino, condições precárias de trabalho do professor, qualidade dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, enfoque demasiado na chamada Física/Matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, a fragmentação dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, ao distanciamento entre o formalismo escolar e o cotidiano dos alunos e também a falta de conhecimentos básicos em leitura e interpretação de texto.

Surge a importância do educador e o seu papel enquanto profissional, apto a intervir na realidade do aluno, proporcionando aulas dinâmicas e contextualizando os conceitos abordados com as transformações da sociedade. O objetivo desta pesquisa foi de analisar o Ensino de Física na formação docente inicial em Ciências da Natureza.

O estudo foi desenvolvido no curso de Ciências da Natureza Licenciatura da Unipampa *Campus* Dom Pedrito. O Projeto Pedagógico do Curso (PPC) em questão destaca a importância na formação de sujeitos conscientes das exigências éticas e da relevância pública e social dos conhecimentos, habilidades, atitudes e valores adquiridos na vida universitária. O curso se propõe a formar egressos que possam se inserir profissionalmente, tendo como base os princípios da autonomia, solidariedade, criticidade, comprometimento com o desenvolvimento sustentável, buscando a construção de uma sociedade justa e democrática. Este egresso poderá atuar na Educação Básica como educador para a Ciência do Ensino Fundamental e nos componentes de Física, Química e Biologia do Ensino Médio.

A partir do perfil destacado para egresso do curso de Ciências da Natureza Licenciatura torna-se importante relatar de que forma o Ensino de Física contribui com o processo de formação destes professores. A pesquisa desenvolvida analisou os PPCs do contexto citado – versões 2015; 2019 e 2023, buscando investigar a forma como o Ensino de Física se apresenta no documento.

Segundo Moreira (2000) o currículo do Ensino de Física no Brasil passou por mudanças significativas nos últimos cinquenta anos, citando como iniciativa para torna-la mais atrativa a inclusão de componentes curriculares como: Física do Cotidiano, História e Filosofia das Ciências e recentemente Física Contemporânea. De acordo com orientações dadas pelo Ministério da Educação (MEC), para a formação do currículo de Física, deve-se enfatizar a compreensão qualitativa de conceitos e não a memorização de fórmulas, e deve estar relacionado ao cotidiano do aluno.

## A FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS DA NATUREZA

Os cursos de Ciências da Natureza Licenciatura apresentam propostas curriculares tendo a interdisciplinaridade como um de seus pilares. Morin afirma que: “[...] os desenvolvimentos disciplinares das ciências não só trouxeram as vantagens da divisão do trabalho, mas também os inconvenientes da superespecialização, do confinamento e do despedaçamento do saber” (2003, p. 15). O desenvolvimento da interdisciplinaridade nos cursos de formação de professores permite que a aprendizagem deste profissional ocorra sem fragmentação, superando o conhecimento isolado e ampliando este, para que ocorra a compreensão geral e interação entre os saberes de diferentes áreas.

Em nosso país, as licenciaturas com foco na interdisciplinaridade, que habilitam seus egressos por área do conhecimento, foram incentivadas nas instituições públicas de Ensino Superior por meio do REUNI – Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais, criado no ano de 2007. Este programa apresenta em suas diretrizes a busca pela “[...] diversificação das modalidades de graduação, preferencialmente não voltadas à profissionalização precoce e especializada” (BRASIL, 2007, p. 01).

Estruturar currículos com foco interdisciplinar auxilia na busca da complexidade, em seu real sentido – aquilo que é tecido junto (MORIN, 2003). O paradigma da complexidade torna-se assim, um desafio nos cursos de formação de professores, Behrens destaca que:

A prática pedagógica em todas às áreas de conhecimento tem sido desafiada pela necessidade de buscar o paradigma da complexidade na tentativa de superar a visão dualista e reducionista que ainda perdura na prática pedagógica de muitos professores que atuam nas universidades. (BEHRENS, 2007, p. 445).

Como descrito anteriormente, o professor de Ciências da Natureza, poderá atuar no Ensino Fundamental como professor de Ciências Naturais e/ou professor de Física, Química e Biologia do Ensino Médio. Desta forma, ter a compreensão do todo em relação a esta área da Ciência é parte essencial na formação deste profissional. Para os autores Pinto e Pinto (2014, p. 12) “[...] esta nova formação parece pretender romper limites disciplinares historicamente instituídos, as licenciaturas interdisciplinares demandarão não só a criação de novos cursos, mas também de “novos professores””.

Neste contexto, a ideia de disciplinaridade que necessita ser repensada é a que remete a separações distintas para solução de problemas, quando é a junção de conhecimentos que permite a compreensão do que nos rodeia. Assim, a interdisciplinaridade não prevê o fim da disciplinaridade, mas propõe o diálogo entre os componentes de diferentes áreas, na busca pela superação do conhecimento fragmentado.

O Ensino de Física na formação do professor de Ciências da Natureza permite que aliado aos conhecimentos de Química e de Biologia, este profissional compreenda fenômenos naturais e tecnológicos. Tendo a Física, grande importância na formação inicial em Ciências da Natureza.

## O ENSINO DE FÍSICA E A FORMAÇÃO DOCENTE

A compreensão da Física vai além da resolução de problemas e memorização de equações. Aprender a Física envolve identificar fenômenos e diferenciá-los, relacioná-los a situações do cotidiano, analisar sua influência em diferentes aspectos (políticos, sociais, econômicos, etc) e contextos. Pires e Veit (2006) destacam que as ênfases na abordagem de conceitos referentes à Mecânica Clássica no Ensino de Física, reforçam a ideia de que a Física é um “ramo da Matemática”, visão de muitos alunos, sendo esta, uma consequência do fazer pedagógico dos professores.

A utilização de métodos tradicionais de ensino na área da Física resulta no baixo rendimento, retenção e muitas vezes, a evasão dos alunos que não conseguem compreender esta Ciência. Cavalcante, Bonizzia e Gomes (2009, p. 4501-01) enfatizam que: “Entre as razões do insucesso na aprendizagem em física são apontados métodos de ensino desajustados das teorias de aprendizagem mais recentes e a falta de meios pedagógicos modernos.”.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação de professores da Educação Básica (BRASIL, 2019) citam a necessidade do percurso formativo ter,

[...] o compromisso com as metodologias inovadoras e com outras dinâmicas formativas que propiciem ao futuro professor aprendizagens significativas e contextualizadas em uma abordagem didático-metodológica alinhada com a BNCC, visando ao desenvolvimento da autonomia, da capacidade de resolução de problemas, dos processos investigativos e criativos, do exercício do trabalho coletivo e interdisciplinar, da análise dos desafios da vida cotidiana e em sociedade e das possibilidades de suas soluções práticas (p. 05).

Desta forma, ao esperarmos que os professores de Física da Educação Básica explorem os conceitos físicos de forma que o ensino tradicional de memorização e repetição seja superado, faz-se necessário repensar o local de formação e a estrutura curricular dos cursos de formação de professores. Neste trabalho, buscou-se analisar como o Ensino de Física contribui com a formação docente inicial de professores de Ciências da Natureza, sendo a metodologia e os principais resultados descritos a seguir.

## METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se em relação a sua abordagem como pesquisa qualitativa. Segundo Triviños (1987), a abordagem de cunho qualitativo trabalha os dados buscando seu significado, tendo como base a percepção do fenômeno dentro do seu contexto. O uso da descrição qualitativa procura captar não só a aparência do fenômeno como também suas essências, procurando explicar sua origem, relações e mudanças, e tentando intuir as consequências. Para Gil (1999), o uso dessa abordagem propicia o aprofundamento da investigação das questões relacionadas ao fenômeno em estudo e das suas relações, mediante a máxima valorização do contato direto com a situação estudada, buscando-se o que era comum, mas permanecendo, entretanto, aberta para perceber a individualidade e os significados múltiplos.

Quanto aos objetivos, a pesquisa desenvolvida classifica-se como exploratória em que segundo Gil (1987, p. 45) “[...] são desenvolvidas com o objetivo de, proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato.” O mesmo autor afirma que de todos os tipos de pesquisa, essa possui um planejamento menos rígido, uma vez que sua finalidade principal é “[...] desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, com vistas na formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores” (GIL, 1987, p. 44).

A pesquisa foi desenvolvida em uma Universidade pública do Rio Grande do Sul, especificamente em um curso de Ciências da Natureza – Licenciatura. Foi utilizado como instrumento de coleta de dados a

análise documental – Projetos Pedagógicos de Curso, versões 2015, 2019 e 2023 - que se encontravam em vigência no curso.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### O ENSINO DE FÍSICA E A MATRIZ CURRICULAR DO CONTEXTO ANALISADO

O curso de Ciências da Natureza Licenciatura da pesquisa habilita para o Ensino de Ciências da Natureza e suas tecnologias no Ensino Médio e Ciências Naturais no Ensino Fundamental. Esse curso oferece 50 vagas anuais pelo SISU e possuía em seu Projeto Pedagógico de Curso (PPC) 2015, carga horária total de 3.230 h, com 200 h de ACG, distribuídas em nove semestres. O curso não possuía componentes optativos em sua matriz curricular. Seu PPC 2015 é organizado em eixos temáticos como: (1) Formação pedagógica; (2) Universo; (3) Vida na Terra; (4) Tecnologia e desenvolvimento sustentável. Os eixos temáticos se inter-relacionam através da interdisciplinaridade. Todos os eixos possuem seus respectivos componentes curriculares.

Após análise foram identificados os componentes relacionados à Física que o curso dispõe em sua matriz curricular. Os dados obtidos na análise do PPC 2015 são apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 – Componentes Curriculares de Física no curso analisado conforme PPC 2015.

PPC 2015			
Componente Curricular	Área da Física	Caracterização do componente	Período de oferta
<b>A) Universo: Origem</b>	✓ Mecânica – Gravitação ✓ Astronomia	Obrigatória	1º semestre
<b>B) Leis Físicas do Movimento e Aplicações Biológicas</b>	✓ Mecânica Clássica ✓ Introdução à Física Moderna	Obrigatória	3º semestre
<b>C) Leis Físicas da Natureza: Oscilações, Ondas e Fluidos</b>	✓ Mecânica dos fluidos ✓ Termofísica ✓ Física Ondulatória	Obrigatória	4º semestre
<b>D) Leis Físicas da Eletricidade e Magnetismo</b>	✓ Eletrostática ✓ Eletrodinâmica ✓ Magnetismo	Obrigatória	5º semestre
<b>E) Física dos Seres Vivos</b>	✓ Biomecânica ✓ Óptica	Obrigatória	6º semestre

Fonte: Autoras (2023).

Em seu PPC 2015, o curso não apresentava componentes curriculares complementares ou optativos, apenas obrigatórios. Dos componentes apresentados no Quadro 1, todos possuem carga horária de 60 h/aula, sendo 45h/a teórica e 15h/a prática, exceto o componente de “Física dos Seres Vivos”, que apresenta uma carga horária de 45h/a, com 30h/a teórica e 15h/a prática. Não há pré-requisito para matrícula em nenhum dos componentes listados.

Percebe-se com a análise, que a área de Física no curso está concentrada em poucos componentes curriculares, com carga horária baixa em relação às ementas propostas. Administrar o tempo de aula e os conteúdos previstos para cada componente torna-se um desafio aos professores da área. O mesmo é observado na Educação Básica, em que a redução de carga horária da Física impede que conceitos sejam explorados em sua totalidade. Neste sentido, cabe ressaltar que:

Nos últimos anos a carga horária das aulas de Física vem diminuindo drasticamente, levando os professores, cada vez mais, a selecionarem os conteúdos considerados importantes, o que invariavelmente acaba tornado-se sinônimo de mecânica clássica, ou provocando distorções ao fazerem uma abordagem extremamente superficial dos conteúdos, dando a impressão ao estudante que a Física é um ramo da Matemática (PIRES; VEIT, 2006, p. 241).

Assim, com componentes curriculares de Física que chegam a contemplar três áreas desta Ciência, como é o caso do componente B) listado no Quadro 1, percebe-se a dificuldade que o docente do curso terá em aprofundar tais conhecimentos, com carga horária tão reduzida. Inovar em metodologias de ensino e recursos didáticos pode contribuir com este cenário. O uso de recursos das Tecnologias da Informação e Comunicação, por exemplo, podem ampliar o tempo de aula para além da permanência dos acadêmicos na Universidade, permitindo que os estudos da área sejam aprofundados. Porém, para que isto ocorra, é preciso que o docente permita-se fugir do tradicional, buscando inovação pedagógica em seu trabalho.

No PPC de 2019, observa-se uma nova organização do curso e da área. O curso ainda prevê eixos que se inter-relacionam, dentre eles: (I) Ciências da Natureza; (II) Educação; (III) Formação de professores; (IV) Estágio; (V) Pesquisa; (VI) Flexibilização curricular. A Física apresenta-se na matriz curricular, conforme disposto no Quadro 2:

Quadro 2 – Componentes Curriculares de Física no curso analisado conforme PPC 2019.

PPC 2019			
Componente Curricular	Área da Física	Caracterização do componente	Período de oferta
<b>A) Formação e Estrutura da Vida na Terra</b>	✓ Astronomia	a Obrigatóri	2º semestre
<b>B) Movimento: variações e conservações I</b>	✓ Mecânica Clássica	a Obrigatóri	3º semestre
<b>C) Movimento: variações e conservações II</b>	✓ Mecânica Clássica	a Obrigatóri	4º semestre
<b>D) Calor, Ambiente e Usos de Energia</b>	✓ Mecânica dos fluidos ✓ Termodinâmica	a Obrigatóri	5º semestre
<b>E) Som, imagem e informação</b>	✓ Física Ondulatória ✓ Óptica	a Obrigatóri	6º semestre
<b>F) Eletromagnetismo</b>	✓ Eletrostática ✓ Eletrodinâmica ✓ Magnetismo	a Obrigatóri	7º semestre
<b>G) Física Moderna</b>	✓ Física Moderna – tópicos introdutórios	a Obrigatóri	8º semestre

Fonte: Autoras (2023).

Nota-se uma melhor distribuição dos conceitos de Física nesta nova organização do curso, com um maior número de componentes da área. As componentes possuem uma carga horária de 60h/a, sendo 45h/a teóricas e 15h/a práticas. Alguns componentes apresentam pré-requisitos para cursá-las – aprovação no componente ofertado anteriormente. Neste documento, também observa-se a inclusão de componentes complementares (optativos), dentre eles: Física dos Seres Vivos; Instrumentação para o Ensino de Física; Laboratório de Física.

No documento de 2023, o curso está organizado com carga horária total de 3290h, sendo organizado em grupos (I, II e III) conforme dispõe a BNC-Formação (BRASIL, 2019). Nesta versão do curso, observa-se uma melhor distribuição de carga horária, buscando equidade entre os distintos conhecimentos das Ciências da Natureza. Os componentes da área do Ensino de Física concentram-se no grupo II, sendo este direcionado para “[...] a aprendizagem dos conteúdos específicos das áreas, componentes, unidades temáticas e objetos de conhecimento da BNCC, e para o domínio pedagógico desses

conteúdos” (BRASIL, 2019, p. 06). Neste grupo, os componentes curriculares das áreas de Física, Química e Biologia, tratam dos conhecimentos científicos pertinentes ao futuro professor de Ciências da Natureza, bem como, trata dos conhecimentos necessários para o desenvolvimento de pesquisas acadêmicas em Ciências da Natureza. O grupo apresenta componentes curriculares obrigatórios e complementares (optativos). O Quadro 3, retrata a abordagem no Ensino de Física no curso:

Quadro 3 – Componentes Curriculares de Física no curso analisado conforme PPC 2023.

PPC 2023			
Componente Curricular	Área da Física	Caracterização do componente	Período de oferta
<b>A) Formação e Estrutura da Vida na Terra</b>	✓ Astronomia	Obrigatório a	1º semestre
<b>B) Movimento: variações e conservações I</b>	✓ Mecânica Clássica	Obrigatório a	2º semestre
<b>C) Movimento: variações e conservações II</b>	✓ Mecânica Clássica	Obrigatório a	3º semestre
<b>D) Calor, Ambiente e Usos de Energia</b>	✓ Mecânica dos fluidos ✓ Termofísica	Obrigatório a	4º semestre
<b>E) Som, imagem e informação</b>	✓ Física Ondulatória ✓ Óptica	Obrigatório a	5º semestre
<b>F) Eletromagnetismo</b>	✓ Eletrostática ✓ Eletrodinâmica ✓ Magnetismo	Obrigatório a	6º semestre
<b>G) Física Moderna</b>	✓ Física Moderna – tópicos introdutórios	Obrigatório a	7º semestre

Fonte: Autoras (2023).

Não há pré-requisitos para cursar os componentes descritos no Quadro 03. Outro diferencial em relação aos PPCs anteriores, é a inserção de carga horária EAD em alguns dos componentes do curso – máximo de 15h nesta modalidade, o restante segue na modalidade presencial. Como componentes complementares, o curso apresenta: Física do cotidiano; Física dos Seres Vivos; Grandezas Físicas e suas unidades; Instrumentação para o Ensino de Física; O Universo no mundo escolar – estes componentes apresentam 45h, destas 15h ocorrem na modalidade EAD, de forma assíncrona, com uso do Ambiente Virtual de Aprendizagem institucional – Moodle.

Em relação aos PPCs analisados, versões 2015, 2019 e 2023, indicam que de acordo com as mudanças ocorridas nos PPCs 2019 e 2023 do curso, a área da Física passa a ter maior destaque, pelo menos no

que se refere à sua matriz curricular, tendo sua carga horária total sendo praticamente dobrada, passando de cinco componentes (PPC 2015) para dez componentes (PPC 2019) e 12 no PPC (2023).

Estas mudanças sinalizam uma melhora no Ensino de Física na formação docente em Ciências da Natureza, cabendo destacar que este profissional, ainda atuará nas áreas de Química e de Biologia da Educação Básica. Porém, o aumento da carga horária, apesar de ser um primeiro indicativo de melhoria na área, não garante sua efetivação. O fazer pedagógico do professor, ainda exerce maior efeito neste processo formativo dos acadêmicos. Fazendo-se necessário, sempre repensar as metodologias e recursos adotados a fim de se obter bons resultados no Ensino de Física, “Dado que os professores tendem a ensinar do mesmo modo como foram ensinados na escola e na universidade” (LEITE; ESTEVES, 2005, p. 1751).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de Ciências da Natureza vem ganhando espaço não somente nos cursos de formação de professores, por meio de licenciaturas com este enfoque, mas também, na Educação Básica através de documentos educacionais como a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), que propõe uma estruturação por áreas para este nível de ensino, sendo a Ciências da Natureza, uma destas áreas. O Ensino de Física se faz presente neste contexto, necessitando ser avaliado e repensado neste novo cenário.

Esta pesquisa buscou analisar o Ensino de Física na constituição do professor de Ciências da Natureza, por meio de uma pesquisa documental de sua abordagem em um curso de Licenciatura. Com a pesquisa, pode-se verificar que no contexto analisado, há um esforço para que o Ensino de Física seja contemplado de forma integral na formação docente em Ciências da Natureza, havendo reestruturação em seu PPC, com aumento de carga horária total e criação de novos componentes da área. Desta forma, percebe-se que no curso há uma abordagem de todas as áreas da Física, desde a Física Clássica até a Moderna, perpassando por componentes com viés do ensino, oportunizando assim, uma formação integral na área da Física para os acadêmicos do curso.

Assim, sabe-se que o profissional em Ciências da Natureza é diferenciado, porque estuda uma área e não apenas um conhecimento específico, não podendo ser exigido deste, um perfil de um licenciado em Física. Este novo cenário precisa ser refletido e analisado, para que a Física seja contemplada na formação de Ciências da Natureza, não de forma superficial, permitindo sua compreensão e aplicação em diferentes contextos, sem que se perca a qualidade no ensino da mesma.

## REFERÊNCIAS

BONADIMAN, H., A aprendizagem é uma conquista pessoal do aluno. O aluno como mediador, oferece condições favoráveis e necessárias para está caminhada. UNIJUI – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2005

BRASIL. Ministério da Educação. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Disponível

em:<[http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394\\_ldbn1.pdf](http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf)> Acesso em: 26 jun.2018

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em:< [http://basenacionalcomum.mec.gov.br /images/BNCC\\_publicacao.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br /images/BNCC_publicacao.pdf)>. Acesso em : 27 jun.2018

BRASIL. Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019.

BEHRENS, Marilda Aparecida. Formação continuada dos professores e a prática pedagógica. Curitiba: Champagnat, 1996.

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. 4501-14501-6, 2009

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração e interpretação de dados. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MOREIRA, M.A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. Revista Brasileira de ensino de Física. Vol. 22 nº 1, março 2000.

MORIN, E. Introdução ao pensamento complexo. 4.ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2003.

MORIN, E. A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

PRADO, I. G. Ensino de Matemática: O Ponto de Vista de Educadores e de seus Alunos sobre Aspectos da pratica pedagógica. Rio Claro 2000. 255f. Tese de Doutorado – Educação Matemática, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociência e Ciências exatas (UNESP).

PIRES, M. A; VEIT, E.A. Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 241 - 248, (2006)

PINTO, M .G. C. S. M.; PINTO, A. S. L. G. Formação inicial de professores: as licenciaturas interdisciplinares. In: X ANPED SUL, 2014, Florianópolis. Anais – Trabalhos Completos, Florianópolis, 2014.

TRIVIÑOS, A. N. S. - Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo, Atlas, 1987. 175p.

UNIPAMPA. Projeto Pedagógico de Curso de Ciências da Natureza Licenciatura. Unipampa: Campus Dom Pedrito, 2015. Disponível em

<[https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/110/3/PPC\\_Ci%C3%aanciasdaNatureza\\_DomPedrito\\_2015.pdf](https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/110/3/PPC_Ci%C3%aanciasdaNatureza_DomPedrito_2015.pdf)> Acesso em 25 maio 2023.

UNIPAMPA. Projeto Pedagógico de Curso de Ciências da Natureza Licenciatura. Unipampa: Campus Dom Pedrito, 2019. Disponível em

<[https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/110/8/PPC\\_Ci%C3%aancias%20da%20Natureza\\_Dom%20Pedrito.pdf](https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/110/8/PPC_Ci%C3%aancias%20da%20Natureza_Dom%20Pedrito.pdf)> Acesso em 25 maio 2023.

UNIPAMPA. Projeto Pedagógico de Curso de Ciências da Natureza Licenciatura. Unipampa: Campus Dom Pedrito, 2023. Disponível em

<[https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/110/9/PPC\\_Ciencias\\_da\\_Natureza\\_Licenciatura\\_\\_Dom\\_Pedrito.pdf](https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/110/9/PPC_Ciencias_da_Natureza_Licenciatura__Dom_Pedrito.pdf)> Acesso em 25 maio 2023.

XAVIER, J. C. Ensino de Física: presente e futuro. Atas do XV Simpósio Nacional Ensino de Física, 2005.

# Capítulo 10



10.37423/230507793

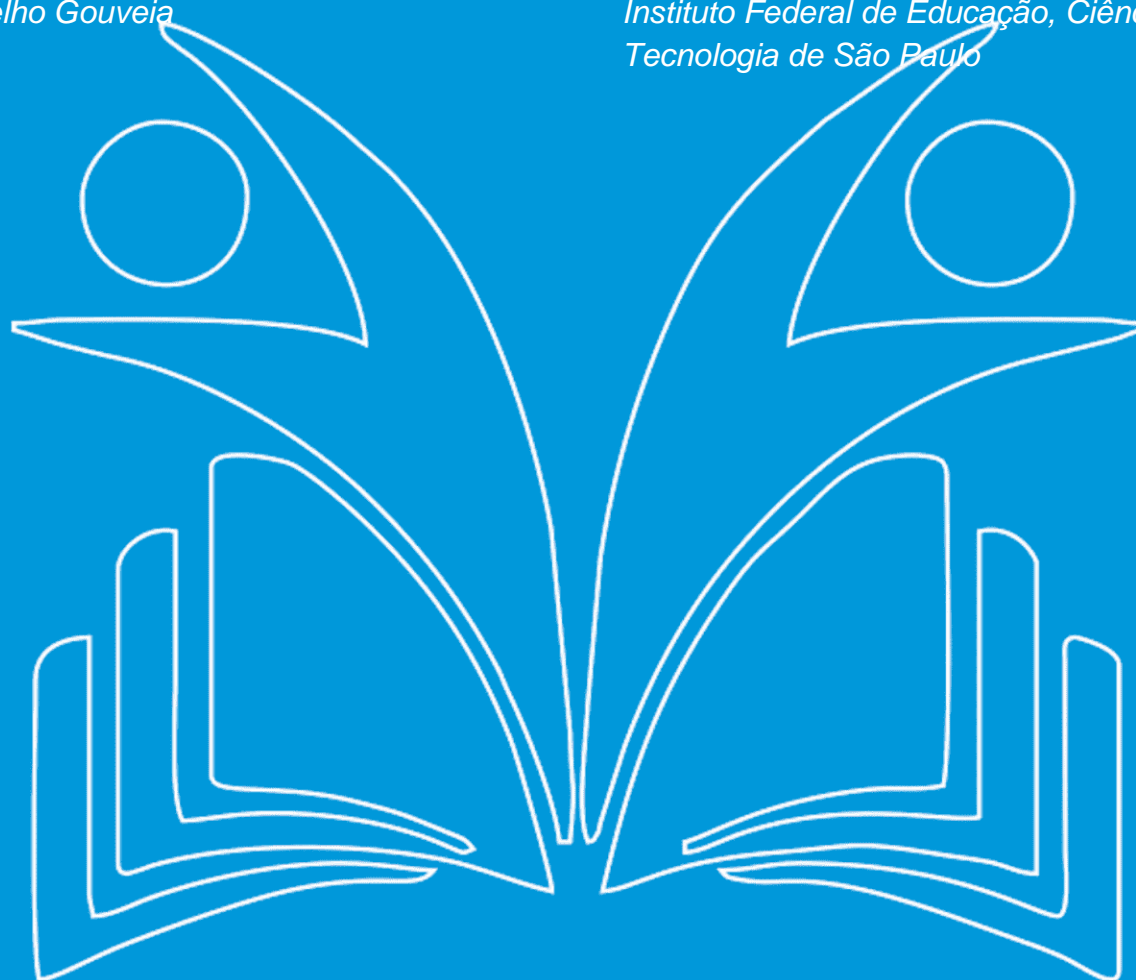
## DIVULGAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS PARTINDO DE INTERCONEXÕES ENTRE CIÊNCIA E ARTE

*Ricardo Meloni Martins Rosado*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo*

*Riama Coelho Gouveia*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo*



**Resumo:** *Este trabalho descreve a experiência de um projeto de extensão criado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – campus Sertãozinho no ano de 2016 no qual teatro e paródias musicais foram utilizados para ensinar Física de uma maneira atraente e divertida para os alunos. O projeto rendeu apresentações no III Congresso de Extensão e Mostra de Arte e Cultura (CEMAC) do IFSP realizado em 2016 no município de Sertãozinho e no XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) realizado em 2017 no município de São Carlos. Em 2017 e 2018, outros professores passaram a fazer parte do projeto, que passou a incluir também outras manifestações artísticas, como histórias em quadrinhos, modelagem e cinema, permitindo a participação de maior número de estudantes. Além de apresentar a ciência de forma diferenciada para jovens e adultos que assistiram às apresentações e visitaram as exposições, notou-se que o projeto serviu também para motivar a discussão de temas como Física Moderna e História da Ciência em sala de aula.*

**Palavras-chave:** Extensão; Divulgação Científica; Artes.

## INTRODUÇÃO

As pessoas em geral olham para as Ciências da Natureza, em especial para a Física, sob o ponto de vista de sua racionalidade, do rigor da linguagem matemática, provavelmente motivadas pela forma como tiveram contato com esse conhecimento no processo escolar. Certamente as ciências naturais, e a Física em particular, utilizam a razão e o rigor matemático em sua estrutura e desenvolvimento, mas estas ciências também possuem um lado de contemplação, de admiração, que estabelecem uma relação bastante próxima com as atividades artísticas. Aproveitar essa conexão, buscando destacar a beleza e a criatividade da ciência, utilizando-se da arte para ensinar e divulgar Física, Química, Biologia, é um recurso já explorado por diversos autores.

O teatro, por exemplo, foi utilizado por Júdice e Dutra (2001) como uma ferramenta para contextualização da história dos cientistas estudados no ensino médio. Esta forma de expressão artística também foi discutida por Zorzi Sá, Vicentin e Carvalho (2010) como forma de contextualizar os conhecimentos científicos, na história e no cotidiano. Uma parceira próxima do teatro, a dança, também está presentes em trabalhos que discutem o ensino de física de maneira mais contextualizada e atraente (VIEIRA, 2015).

A música também é um recurso bastante utilizado para ensinar e difundir a ciência. Paródias musicais, por exemplo, são usadas por professores para memorização e síntese de conteúdos, como mostram Deponti et. al (2013), que utilizam a composição de paródias para o estudo de calorimetria. No XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), foi apresentada uma oficina sobre construção de paródias (SANTOS et al, 2017). Mesmo as letras originais de músicas existentes podem servir para contextualizar conteúdos científicos e promover reflexões, como apontam Silveira e Klouranis (2008).

Os audiovisuais, em suas diversas formas, são expressões artísticas que igualmente podem contribuir para a aprendizagem de conceitos científicos (ROSA, 2000), bem como para a divulgação da ciência. Sartori (2012), por exemplo, discute de que maneira as produções de vídeos sobre conteúdos científicos podem auxiliar o trabalho do professor de Física.

Assim, buscando explorar as inter-relações entre as ciências da natureza e as expressões artísticas como forma de aprimorar o ensino e a divulgação da ciência, motivado por uma apresentação de paródias musicais e um pequeno teatro sobre Física de Partículas feita por estudantes do ensino médio na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) de 2014, foi criado, no ano de 2016, o projeto de extensão Ciência e Arte, no IFSP campus Sertãozinho.

## ATIVIDADES REALIZADAS

Em 2016, o projeto foi coordenado por um professor de Física e contou com a participação de um monitor bolsista, que ficou encarregado de organizar as atividades de teatro e música. No ano seguinte, houve a inclusão de mais uma professora de Física, uma de Química, uma de Biologia e uma de Artes além da colaboração de dois monitores bolsistas. O projeto passou a abordar também com atividades de história em quadrinhos, astronomia, nanoarte e reprodução de experimentos e modelos atômicos.

Para o ano de 2018 o projeto conta com a participação de dois professores de Física, um monitor bolsista e mais seis monitores voluntários. As atividades em desenvolvimento neste ano incluem a música, a dança, o cinema e as artes visuais, destacando conceitos relacionados à diferentes áreas da Física.

## ATIVIDADES DE MÚSICA

Duas das paródias musicais trabalhadas no projeto Ciência e Arte já haviam sido apresentadas na SNCT de 2014: Lépton Lépton (paródia da música Lepo Lepo do grupo Psirico) e Neutrino da Porteira (paródia de Menino da Porteira de Teddy Vieira e Luís Raimundo). A terceira canção trabalhada foi É Preciso um LHC, paródia de É Preciso Saber Viver de Roberto Carlos e Erasmo Carlos). Os próprios alunos ficaram responsáveis pelo figurino e coreografias para as músicas.

O trabalho foi apresentado no III Congresso de Extensão e Mostra de Arte e Cultura (CEMAC) do IFSP realizado em 2016 no campus Sertãozinho. Em 2017, o trabalho foi apresentado na I Jornada IFSP, realizada no campus Cubatão, com a inclusão da canção Faroeste Newtoniano, paródia de Faroeste Caboclo da Legião Urbana.



Figura 01: Apresentação no III CEMAC em Sertãozinho – SP

Em 2018, além da reapresentação das paródias, com a possibilidade de inclusão de novas produções, as atividades de música estão incluindo discussões sobre a física do som e dos instrumentos musicais, com aulas de diferentes instrumentos e a produção de vídeo sobre o assunto.

## ATIVIDADES DE TEATRO

Diferentemente das atividades de música, que já haviam tido uma experiência anterior, as atividades de teatro tiveram que começar do estágio inicial.

A peça trabalhada foi Alice no País da Física, inspirada no livro Alice no País das Maravilhas de Lewis Carroll. O texto, de autoria do coordenador e do monitor do projeto, narra a história de Alice, uma menina jovem demais para ter aulas de Física na sua escola, que um dia cai em um buraco e encontra cientistas em um lugar cheio de surpresas.

O objetivo central da peça foi repassar o conhecimento em Física para alunos do Ensino Fundamental II e Ensino Médio de uma forma descontraída. O humor esteve presente na maior parte da peça, que incluiu referências a filmes e artistas que fazem parte da vida da maioria dos adolescentes.

A peça foi apresentada no III CEMAC no mesmo dia em que foram apresentadas as paródias. Após esta apresentação, o grupo foi convidado a apresentar novamente a peça no XXII SNEF, que ocorreu em São Carlos – SP. A apresentação foi uma oportunidade de levar o trabalho do grupo para outro município e de divulgá-lo a professores de diversas regiões do Brasil.



**Figura 02:** Apresentação no XXII SNEF em São Carlos – SP

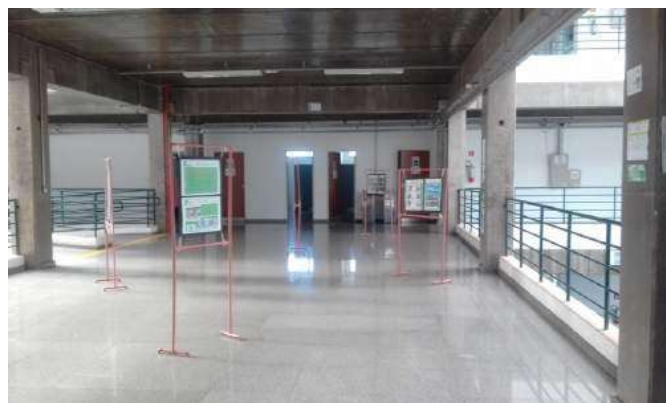
As apresentações de música e teatro realizadas no CEMAC e no SNEF foram filmadas e, em seguida, disponibilizadas no canal *Ciência e Arte – IFSP*, criado no site *YouTube* para a divulgação dos trabalhos do grupo<sup>2</sup>.

## ATIVIDADES DE HISTÓRIA EM QUADRINHOS

No ano de 2017, como parte da ampliação do projeto, foi desenvolvida, em duas turmas de Ensino Médio do IFSP campus Sertãozinho, uma atividade didática com a construção de histórias em quadrinhos sobre Relatividade Restrita para exposição à comunidade escolar.

Como primeira etapa foi realizada uma aula expositivo-dialógica tratando dos conceitos científicos da teoria, incluindo a utilização de vídeos sobre o assunto, disponíveis na internet. Em seguida foi fornecido aos estudantes o texto “Limite da Velocidade da Luz”, capítulo do livro “O incrível mundo da Física Moderna” (GAMOW, 1976), cuja história se desenrola num mundo onde a velocidade da luz é muito menor do que no mundo real e onde, portanto, os efeitos da relatividade restrita são enfatizados.

Após a leitura do texto, foi proposto aos estudantes que produzissem uma história em quadrinhos que envolvesse um ou alguns dos conceitos abordados na aula ou no texto, desenhadas a mão livre ou com uso de recursos digitais. As histórias produzidas foram formatadas e expostas na forma de painéis.



**Figura 03:** *Exposição de Histórias em Quadrinhos sobre Relatividade*

Os assuntos escolhidos pelos grupos foram: dilatação do tempo, soma de velocidades, compressão das distâncias e paradoxo dos gêmeos. Ainda que alguns grupos escolhessem temas iguais todas as histórias foram muito diferentes, com diferentes roteiros e personagens. Quanto aos conceitos abordados, oito dos dez grupos trataram corretamente dos conceitos escolhidos, ilustrando com desenhos os efeitos relativísticos de forma correta; um dos grupos mostrou uma pequena confusão, ilustrando de forma equivocada a direção de compressão das distâncias em relação à direção do movimento e outro construiu a história de forma correta, mas ao final afirmou ser possível a um objeto atingir a velocidade da luz.

Em relação à exposição, tanto os alunos que participaram da atividade quanto os demais estudantes, bem como servidores, mostraram-se curiosos e pararam para observar os painéis. Alguns estudantes

e servidores chegaram a procurar o professor responsável pela atividade para fazer questionamentos, tanto sobre seu conteúdo quanto sobre seu aspecto pedagógico.

## ***Atividades de Astronomia***

Esta foi a área que apresentou maior número de alunos interessados para o ano de 2017, contando inicialmente com 68 alunos inscritos de um total de 102, de modo que foi necessário dividir o grupo em dois, um no período da manhã e outro no período da tarde. Cada monitor ficou responsável por um grupo.

O período da manhã contou com a participação de estudantes de diferentes turmas do ensino técnico integrado ao Ensino Médio, tanto do curso de química quanto de automação industrial. A primeira atividade escolhida pelos estudantes foi a montagem de um sistema solar em escala. Para tanto, os estudantes mediram o tamanho da escola, calcularam as proporções para distâncias e tamanhos dos planetas e construíram totens para representá-los em tamanho proporcional, sempre auxiliados pela professora e por um monitor do período.



**Figura 04:** *Representação do Sol e planetas mais próximos no Sistema solar em escala (à esquerda) e alunos participantes ao lado do totem do planeta Netuno (à direita)*

Finalizada a construção do sistema solar o grupo decidiu fazer “nebulosas em garrafas de vidro”. Foi realizada então uma aula sobre nebulosas, complementada por uma palestra no Observatório Astronômico de São Carlos sobre evolução estelar. Os estudantes fizeram testes de fabricação das nebulosas em potes de vidro caseiros e, após estabelecerem procedimentos e materiais adequados, fizeram nebulosas em garrafinhas de vidro para exposição na SNCT de 2017.



Figura 05: Nebulosas de garrafas de vidro

O grupo que desenvolveu as atividades no período da tarde contou com a participação de estudantes de cursos superiores do IFSP campus Sertãozinho, especialmente da Engenharia Elétrica e Licenciatura em Química. Após uma apresentação inicial de alguns assuntos de astronomia que poderiam ser abordados pelo grupo de trabalho, os estudantes optaram por aprofundar o tema espectroscopia, pesquisando e discutindo a emissão e absorção de radiação eletromagnética pelas estrelas. Após algumas reuniões para que os estudantes se apropriassem de conhecimentos sobre o assunto, os mesmos prepararam uma oficina a ser aplicada com estudantes do ensino médio. Foram escolhidas como atividades práticas da oficina a observação do espectro de diferentes lâmpadas com espectroscópios de baixo custo, a observação da luz emitida pela queima de diferentes sais e a simulação Átomo de Hidrogênio, presente em um site de objetos de aprendizagem<sup>3</sup>. A oficina foi trabalhada em todas as turmas de primeiro e segundo ano do ensino médio do IFSP campus Sertãozinho, com resultados satisfatórios em termos da participação dos estudantes e no aspecto da aprendizagem.

#### ATIVIDADES DE NANOARTE

A nanoarte consiste na editoração gráfica de imagens de nanoestruturas obtidas com uso de microscópios, especialmente os microscópios eletrônicos. Num primeiro momento, portanto, as atividades de nanoarte do projeto consistiram em explicar aos estudantes o que são nanoestruturas e como funcionam os diferentes microscópios, o que foi feito através de aulas expositivo-dialógicas com o grupo de interessados.

Em seguida foram disponibilizadas imagens obtidas em microscópios óptico e eletrônicos do campus Sertãozinho do IFSP e do NanOLab da UFSCar, de nanoestruturas, especialmente nanopartículas e nanofios, produzidos no IFSP campus Sertãozinho em atividades de iniciação científica. Os

participantes do Ciência e Arte escolheram algumas imagens e realizaram a edição das mesmas em softwares de editoração gráfica.

Durante o ano de 2017 foram, desta forma, criadas nove gravuras de nanoarte, organizadas em painéis e estruturadas para exposição, ao lado das respectivas imagens originais das nanoestruturas e de um texto explicativo sobre o conteúdo das imagens. O material foi exposto na Feira do Livro de Sertãozinho, ao lado de uma amostra de nanofios crescidos no IFSP, despertando o interesse dos visitantes, que puderam ter contato direto com processos diretamente relacionados ao desenvolvimento científico atual. O trabalho também foi exposto na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia de 2017, no campus Sertãozinho, que contou com a visita de centenas de estudantes de ensino fundamental da cidade e região.

Em 2018 alguns estudantes já procuraram o professor responsável pelo projeto demonstrando interesse no desenvolvimento de novos produtos de nanoarte. Além de implementar esta atividade, pretende-se, no decorrer deste ano, organizar uma exposição permanente nas dependências da escola do material produzido pelos estudantes.



**Figura 06:** Nanoarte

## ATIVIDADES DE REPRODUÇÃO DE EXPERIMENTOS E MODELOS ATÔMICOS

Os grupos de reprodução de experimentos e modelos atômicos ocorreram de forma simultânea. Nele os estudantes construíram os modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr em estruturas tridimensionais. Algumas das estruturas tridimensionais trabalharam com a ideia de movimento, reproduzindo de forma lúdica e interativa os experimentos relacionadas às descobertas atômicas. Para o experimento de Rutherford, por exemplo, utilizou-se uma fibra ótica para representar o feixe de

partículas alfa e uma folha de papel metálico para representar a folha de ouro. O material foi exposto na SNCT de 2017.



**Figura 07:** Modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo destes mais de dois anos de desenvolvimento do projeto Ciência e Arte no campus Sertãozinho do IFSP pode-se constatar algumas contribuições que o uso de diferentes estratégias pedagógicas pode trazer ao ensino e à divulgação da Ciência.

De forma direta, percebe-se a participação de número significativo de estudantes na realização das diferentes atividades, muitos destes que, a princípio, não demonstravam interesse nos conteúdos científicos em sala de aula. O projeto permitiu ainda que os professores levassem à sala de aula debates sobre Física Moderna e História da Ciência, assuntos pouco explorados pelos materiais didáticos tradicionais.

Outro aspecto de destaque é o amadurecimento promovido pela organização das atividades, em termos de responsabilidade com as práticas escolares. Como são os estudantes que definem os materiais necessários e, por vezes, empenham-se na aquisição dos mesmos, além de acompanharem todas as etapas do trabalho, compreendem de forma mais ampla os vários aspectos associados ao desenvolvimento de projetos coletivos.

Em termos de divulgação, vale mencionar tanto a divulgação da ciência, ao público que concorre às exposições realizadas em feiras e eventos, quanto a divulgação do próprio IFSP, cujo nome fica associado a uma imagem diferenciada de educação.

Com as atividades deste ano de 2018 espera-se dar continuidade à divulgação da ciência, especialmente com a realização das seções de cinema sobre temáticas científicas, bem como trazer novas contribuições, em termos de ensino- aprendizagem, aos estudantes participantes do projeto, em suas diferentes formas.

## REFERÊNCIAS

- DEPONTI, M.A.M.; FERNANDES, M.B.; VASCONCELOS, F.E.O. Composição de paródias musicais no ensino de Física. In: SIMPÓSIO SUL-RIO-GRANDENSE DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA. Pelotas, 2013. Resumos...  
Pelotas: Pronecim, 2013. Disponível em:  
<[http://porteiros.s.unipampa.edu.br/obeduc/files/2014/04/SSRPCM\\_CIDA.pdf](http://porteiros.s.unipampa.edu.br/obeduc/files/2014/04/SSRPCM_CIDA.pdf)> Acesso em: 17 mai 2017.
- GAMOW, George. O Incrível Mundo da Física Moderna. São Paulo: Ibrasa. 1976.
- JÚDICE, R.; DUTRA, G. Física e teatro, uma parceria que deu certo. Física na Escola. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, v.2, n.1, p.7-12, 2001.
- ROSA, P. R. da S. O uso de recursos audiovisuais e o ensino de ciências. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n.1, p. 33-49, 2000.
- ROSADO, R.M.M. Uso de jogos didáticos e outras estratégias de ensino- aprendizagem para o ensino de Física de Partículas. In: ENCONTRO DE PRÁTICAS PEDAGÓGICAS PARA A LICENCIATURA, Itapetininga, 2015. Resumos...  
Itapetininga: IFSP – campus Itapetininga, 2015.
- SANTOS, A.C. et al. Paródia como ferramenta para o ensino da Física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, São Carlos, 2017. Oficinas...  
São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2017. Disponível em:  
<[http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/cursos/popup\\_curso.asp? curId=OF17](http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/cursos/popup_curso.asp? curId=OF17)> Acesso em: 17 mai 2018.
- SARTORI, A.F. Produção docente de vídeos digitais para o ensino de física: desafios e potencialidades. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- SILVEIRA, M.P.da; KLOURANIS, N.M.M. A Música e o Ensino de Química. Química Nova na Escola, n.28, p. 28 – 31, 2008.
- VIEIRA, M.A. Alguns Aspectos da Física Mecânica e Dança: Procedimentos técnico- criativos. Horizonte Científico, v.9, n.2, 2015. Disponível em:  
<<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/31176>> Acesso em: 17 mai 2018.
- ZORZI SÁ, M. B; VICENTIN, E. M.; CARVALHO, E. de. A História e a Arte Cênica como Recursos Pedagógicos. Química Nova na Escola, v. 32, n.1, p.9-13, 2010.

# Capítulo 11



10.37423/230607838

## ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM AULAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL I – UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA.

*Roberto Soares da Cruz Hastenreiter*

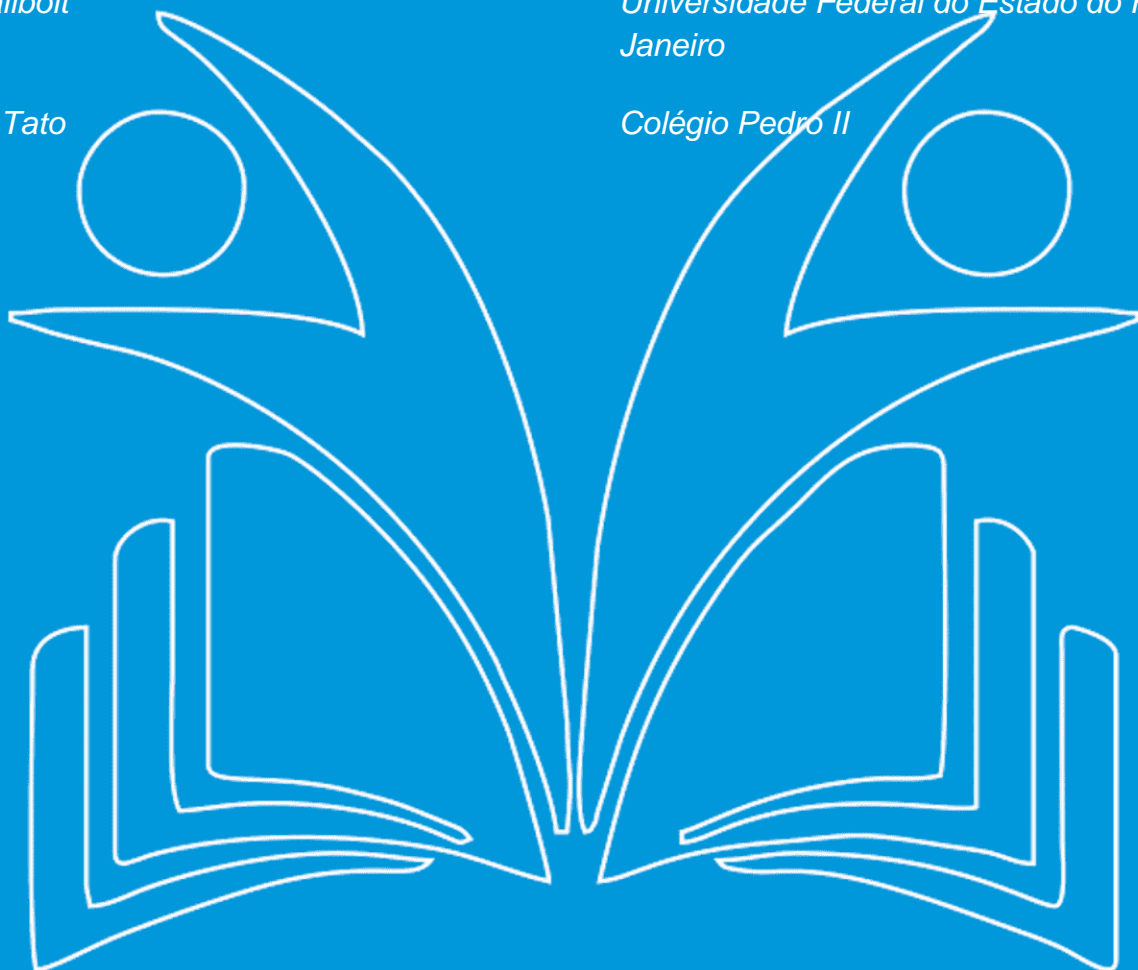
*Instituto Federal de educação Ciência e  
Tecnologia do Rio de Janeiro*

*Brenner Railbolt*

*Universidade Federal do Estado do Rio de  
Janeiro*

*André Luis Tato*

*Colégio Pedro II*



**Resumo:** *O presente trabalho apresenta resultados preliminares de uma investigação a respeito do uso de atividades experimentais, a partir de uma abordagem problematizadora, em aulas de física voltadas a alunos do Ensino Fundamental I. Propõe-se inicialmente uma reflexão a respeito do ensino de Física nos iniciais, e como atividades experimentais baseadas em situações problemas podem contribuir com o ensino de ciências em uma perspectiva mais ampla. Como ensaio empírico, apresentam-se alguns resultados de uma ação didática aplicada a estudantes do 4º ano do Ensino Fundamental I com idade entre 9 e 11 anos. Foram elaboradas atividades experimentais relacionadas a conteúdos de Física, tendo como base a abordagem do Ensino por Investigação (EI), sob a perspectiva problematizadora. A proposta das atividades pretende fazer emergir as dimensões conceitual, social e epistemológica, presentes nas abordagens didáticas pautadas no EI. Assumiu-se como referencial metodológico a construção de dados a partir de interações discursivas, e como ferramenta de análise dos dados usou-se a análise de conteúdo. O referencial Teórico e a referência metodológica do EI pautaram as reflexões presentes neste trabalho, orientaram a elaboração das atividades experimentais, assim como auxiliaram na criação da unidade de análise. Na análise dos resultados, os episódios gravados foram analisados juntamente com a produção de pequenos textos, e de representações pictóricas (desenhos) feitas pelos alunos.*

**Palavras-chave:** Ensino por investigação, Problematização, Atividades Experimentais.

## INTRODUÇÃO

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) já preveem para o primeiro ciclo do Ensino Fundamental (EF1), referente a área das Ciências Naturais, temas que envolvem conceitos físicos. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) acompanha os PCN, e contempla em suas temáticas, para o referido ciclo educacional, temas como Matéria e Energia, e Terra e Universo, nos quais conceitos de Física podem ser apresentados, de forma adequada a faixa etária dos alunos do EF1. Somando-se a isso, há diversos trabalhos da área de Ensino de Ciências, fundamentalmente voltados às séries iniciais, que tratam das especificidades do que muitas vezes é chamado de alfabetização científica (AC) (AULER, & DELIZOICOV, 2001; LORENZETTI, & DELIZOICOV, 2001; BRANDI, & GURGEL, 2002; CARVALHO, & TINOCO, 2006; SASSERON & CARVAHO, 2011; SILVA E SASSERON, 2021). Outra perspectiva bastante presente em pesquisas da referida área diz respeito ao ensino investigativo e a argumentação em sala de aula de Ciências.

Mesmo reconhecendo a relevância dos inúmeros trabalhos que tratam do ensino de Física nas séries iniciais da educação Básica, especificamente no Brasil, destaca-se a importância de ampliar o referido repertório de trabalhos de pesquisa, a fim de contribuir com reflexões que venham ao encontro das questões fundamentais, relativas ao ensino de Física, presente em dissertações, teses, trabalhos e documentos oficiais. Nesse contexto, no intuito de incorporar novas contribuições, e a partir de nosso referencial teórico-metodológico, a presente pesquisa se insere e encontra justificativa e relevância.

O presente trabalho busca apresentar atividades experimentais com base na problematização. Assumiu-se como abordagem didática o Ensino por Investigação (EI), na qual além do aspecto conceitual, os aspectos epistêmico e social também são incluídos nas atividades didáticas. Tais bases se apoiam na tese de que é necessário ensinar além de conceitos científicos. Tendo em vistas que estes não devem ser apresentados sem suas reflexões epistemológicas e contextuais. Considera-se fundamental incorporar nas atividades didáticas ações que permitam certa apropriação da linguagem científica, específica desse saber particular. Como afirmam Capecchi, & Carvalho (2000, p.172), “Aprender ciências é também apropriar-se desta nova linguagem e é através do espaço para falar que esta apropriação se torna possível.

Os resultados apresentados no presente texto são referentes a uma ação didática, realizada em 2018 em uma turma do 4º ano do ensino fundamental de uma instituição privada de ensino localizada no subúrbio do Rio de Janeiro. Os alunos participaram de uma atividade experimental em grupos, na qual

elaboraram seu plano de trabalho, e construíram com os colegas do grupo suas soluções para o problema inicial sugerido pelo professor. Todas as ações fundamentadas em princípios teóricos do EI. O objetivo da pesquisa, portanto, foi essencialmente, avaliar a possibilidade de trabalhar conceitos de Física desde os níveis mais elementares da Educação Básica, baseados numa abordagem investigativa e problematizadora, buscando identificar elementos que possam evidenciar a mobilização de conhecimento nas dimensões: conceitual; epistemológica; e social. Para isso, a partir da análise dos dados, construímos algumas categorias.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO – METODOLÓGICA

### ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

O EI tem sido classificado enquanto uma abordagem de ensino e, nas últimas décadas, tem ganhado espaço em pesquisas na área de Ensino de Ciências (SUART e MARCONDES, 2022; CARVALHO, 2018; SASSERON, 2015; BAPTISTA, 2010; FREIRE, 2009; BRANDI e GURGEL, 2002). Esta abordagem incorpora o fomento, o questionamento, o planejamento das etapas investigativas, e a construção de argumentos. Ao incorporarem processos da investigação científica, o EI pode ajudar os alunos na compreensão do fazer ciência e sobre ciência.

As atividades relacionadas a prática dos cientistas são específicas e contextuais. Não se pretende propor uma simulação destas atividades no contexto da sala de aula (ou mesmo no laboratório). No entanto, se desejamos que os alunos incorporem em seu aprendizado ações relativas à prática de construção do conhecimento, é fundamental que estas estejam presentes nas atividades de ensino. Só assim será possível incorporar a estas as dimensões conceitual, epistemológica e social, em uma perspectiva da prática social de referência (MARTINAND, 2003).

Uma das teses defendidas no presente trabalho é que uma das maneiras de atingir este objetivo se dá por meio de atividades e experimentos investigativos, a partir dos quais os alunos discutem e argumentam com seus pares, na busca por uma conclusão compartilhada por todos a respeito de determinado conceito. Assim, quando envolvidos em atividades de investigação, os alunos podem reconhecer problemas e utilizar estratégias pessoais e/ou coletivas, coerentes com os procedimentos da ciência, na sua resolução.

## METODOLOGIA

Destacamos que as atividades podem ser entendidas metodologicamente como ocorridas em quatro momentos principais: momentos em que o professor se dirige a turma em uma perspectiva explicativa da condução da atividade; momentos em que o grupo de alunos interage entre si, sem a participação do professor; momentos em que o professor interage com um grupo especificamente; e momentos em que o professor sistematiza o conhecimento.

Como metodologia de investigação foi adotada a abordagem da pesquisa qualitativa (DENZIN e LINCOLN, 2006). Os pesquisadores participaram das atividades como observadores participantes. Os dados foram construídos a partir dos diálogos (aluno-aluno e professor-aluno) registrados em áudio e em vídeo, e posteriormente transcritos. A partir daí, tomamos como base o referencial metodológico para a análise de dados, a análise de conteúdo, de acordo com Bardin (1977). Os dados foram categorizados, a fim de permitir as inferências dos pesquisadores.

Na tentativa de organizar e sistematizar os processos de registro dos diálogos, construção dos dados, categorização e inferências, elaboramos o esquema abaixo apresentado pela Fig.01.

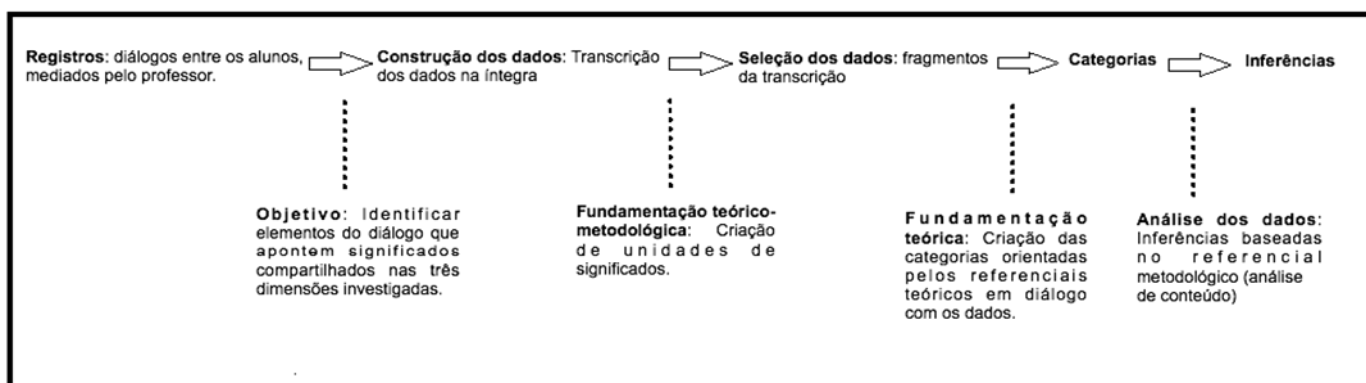


Figura 01: Esquema da seleção e análise dos dados.

A partir dos referenciais teórico-metodológicos, e baseados no ensaio empírico realizado com os alunos, foram construídas categorias para cada uma das dimensões supracitadas, conforme apresentadas na Tabela 01. O EI serviu como base para criação das dimensões categóricas (conceitual, epistemológica, social e relação com o cotidiano). A análise dos dados permitiu a criação das categorias (I, II, III, IV e V) relacionadas às referidas dimensões.

**Tabela 01:** Categorias que emergem do quadro Teórico metodológico.

<b>Dimensões / Categorias</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>Percepção Epistemológica</b>	Experimento orienta as explicações	Explicações fundamentada na percepção pessoal, sem menção direta ao que se observou	Explicações fundamentada na percepção do grupo, sem menção direta ao que se observou	Explicações fundamentada na orientação do professor, sem menção direta ao que se observou	Explicações fundamentada na observação reforçada pela orientação do professor
<b>Discussão Conceitual</b>	Sem menção aos conceitos envolvidos na atividade	Menção a conceitos que não estão diretamente envolvidos na atividade	Menção a conceitos diretamente envolvidos na atividade, no entanto incorretamente	Menção a conceitos diretamente envolvidos na atividade, de forma correta.	
<b>Aspectos Sociais</b>	Preponderância em ações individuais	Busca por soluções coletivas, internas ao grupo	Busca por soluções coletivas, externas ao grupo, excluindo a figura do professor	Auxílio de um parceiro mais capaz, excluindo a figura do professor	
<b>Relação entre a atividade e o cotidiano</b>	O aluno relaciona a atividade com o cotidiano utilizando exemplo direto corretamente.	O aluno relaciona a atividade com o cotidiano utilizando exemplo direto incorretamente	O aluno relaciona a atividade com o cotidiano indicando percepção de generalização dos conceitos envolvidos	O aluno não relaciona com o cotidiano.	

As dimensões são apresentadas nas linhas da tabela. À cada dimensão relacionam-se categorias (de I até V) que caracterizam a forma e/ou o grau das interações e respostas apresentadas pelos estudantes durante a atividade, assim como da produção de textos e representações produzidos posteriormente.

#### ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

A proposta a seguir visa pensar na construção de atividades didáticas que partem de problemas concretos. As questões apresentadas têm características específicas de acordo com as perspectivas dos dispositivos didáticos presentes neste trabalho, e adequadas à faixa etária dos alunos às quais estas são destinadas. Portanto, as atividades apresentadas devem ser encaradas como ensaio empírico baseado nas reflexões teóricas trazidas neste trabalho. Buscamos incorporar em nossas atividades elementos teórico-metodológicos do EI.

Foram desenvolvidas três atividades experimentais, envolvendo conceitos da física como pressão hidrostática; formação de sombras; e equilíbrio de um corpo extenso. As situações problema que nortearam as atividades foram os desafios de: transferir a água contida em um recipiente para o outro, sem virar ou mexer no mesmo; formar na tela de projeções sombras com proporções iguais a partir de objetos de tamanhos diferentes; equilibrar corpos de diferentes massas numa gangorra onde o apoio nem sempre se encontra no centro.



Figura 03a



Figura 03aBb



Figura 03ac



Figura 03a d

**Figura 03 a-d:** Agindo e buscando solução para o problema

## INFERÊNCIAS

Na tentativa de explicar como categorizamos os dados, e a partir destes identificamos nossa unidade de análise, tomamos por base os enunciados avaliativos, no qual os objetos de atitudes (alunos, grupos de alunos e professor) se relacionavam com os termos avaliativos (por meio de conectores linguísticos). Selecionamos portanto alguns fragmentos, de duas atividades, que nos permitem exemplificar como identificamos as categorias das dimensões previstas na tabela 01, tratadas no presente trabalho.

O primeiro fragmento analisado corresponde a atividade experimental “equilíbrio dos corpos” e é referente à dimensão conceitual. Este traz elementos que nos permitiram alocar o referido enunciado na **Categoria Conceitual IV**.

**Aluno A:** *A gente foi tentando ver qual era o lugar certo. Se colocarmos mais para cá a barra vai virar para lá. Se colocarmos mais para cá a barra vai equilibrando.*

**Aluno B:** *É só colocar os chapeuzinhos nos lugares certos. O com mais ficou mais perto e o com menos ficou mais para ponta.*

Os alunos conseguiram avaliar, e incorporar em seu discurso, as duas variáveis relevantes no processo de equilíbrio da barra (força e braço da alavanca), ainda que tenham utilizados termos “mais simples”.

A análise dos vídeos de forma complementar aos áudios nos permitiram inferir que o “[...] *colocarmos mais para cá a barra vai virar para lá. Se colocarmos mais para cá a barra vai equilibrando.*” Corresponde corretamente a análise conceitual de equilíbrio. Da mesma forma que foi possível inferir que a expressão “*O com mais ficou mais perto e o com menos ficou mais para ponta.*” Dizia respeito a massa dentro do chapeuzinho, e conseqüentemente a força exercida na barra naquele ponto (esse último aspecto –relação massa/peso/força – só possível no momento da sistematização conduzida pelo professor). Destaca-se que este fragmento corresponde ao momento em que os alunos do grupo constroem argumentos explicativos para apresentar as suas soluções das situações problema ao restante da turma.

O fragmento a seguir corresponde a atividade das sombras, e foi utilizado para a categorização em duas dimensões correspondentes à Tabela 01. Os conceitos trabalhados nesta atividade eram relativamente simples e foram corretamente utilizados pelos alunos. Com isso os referidos enunciados também foram alocados na **Categoria Conceitual IV**. Na dimensão social, que destaca as formas com que os enunciados são construídos na relação entre os sujeitos participantes da atividade experimental, percebemos no referido fragmento que há uma construção coletiva do enunciado explicativo, quando ambos os alunos utilizam conectores lingüísticos explicativos (Por causa [...](Aluno D) / Porque [...](Aluno F)) de forma aditiva e complementar. Dessa forma, os pesquisadores alocaram os enunciados do referido fragmento na **Categoria Social II**.

**Professor:** *Como eles conseguiram projetar uma sombra, de coisas que são de tamanhos diferentes, e ficarem com o mesmo tamanho (de sombra)?*

**Aluno D:** *Por causa da distância. A lanterna estava muito perto. Quando fizemos a primeira vez não deu certo. Foi quando o aluno F deu a ideia de colocar a lanterna na outra mesa. Ai quando colocamos a lanterna lá deu.*

**Aluno F:** *Porque a baleia ia ficar do mesmo tamanho que o peixe. Mas ela tem que ficar maior. Quanto mais perto da lanterna ela tiver, maior vai ser a sombra dela.*

Destacamos que, embora a abordagem principal não tenha sido o tratamento matemático, foi possível perceber que alguns alunos incluíram adequadamente em seu modelo explicativo a ideia de proporção entre os tamanhos da sombra e e do objeto, e das distâncias entre a fonte de luz, os objetos, e a tela de projeção. Tais ideias foram percebidas nas três fontes de construção e análise de dados, a saber, as transcrições dos áudios, a produção dos textos, e as representações pictóricas.



Figura 04a

Ué minha primeira tentativa não deu  
 muito certo não. O meu grupo não sabia  
 o que fazer, mas eu tive uma ideia: mani-  
 nar que tal a gente colocar um lado da  
 mangueira no copo cheio e o outro lado  
 da mangueira a gente suga como se nos  
 estivéssemos bebendo água de Camudinho,  
 mas isso não foi rápido, mas o Betur  
 deu a ideia de gente pegar uma mangueira  
 e tampar um lado e o outro enchê o lado  
 da mangueira que não está tampado,  
 assim começa ao mesmo tempo no copo cheio  
 e no copo vazio daí cabum! a água passou.  
 Segunda foi muito legal.  
 Foi isso né deu certo porque dentro da  
 mangueira não tinha ar e também pela  
 diferença de copo, o copo com água fica em  
 cima e o copo vazio fica em baixo, não é  
 fácil então é isso a minha experiência.

Figura 04b

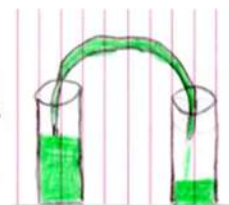


Figura 04c

**Figura 04 a-c:** Trabalho escrito com representações pictóricas da atividade. (Sistematização do conhecimento)

A Figura 04a apresenta a produção textual da atividade do aluno X acompanhada da respectiva representação pictórica. Destacamos que no desenho produzido pelo referido aluno o peixe e a baleia são apresentados de tamanhos distintos enquanto as estrelas do mar são apresentadas do mesmo tamanho, o que correspondia a fotografia a eles apresentada no início da atividade. No entanto, os objetos representativos dos quais dispunham eram: baleia e peixe do mesmo tamanho; e estrelas do mar de tamanhos diferentes. No referido texto o aluno destaca certa dificuldade, ao início, de projetar os objetos na tela de acordo com o que foi pedido, uma vez que estes não se apresentavam naquela proporção. Ressaltamos também que o referido aluno explicita a importância do trabalho em equipe, para ele foi fundamental a discussão em grupo para a elaboração do plano de trabalho.

As figuras 4b e 4c correspondem a produção textual e a representação pictórica da aluna Y, referente à atividade experimental ligada a princípios da hidrostática/hidrodinâmica. No texto a referida aluna destaca que a solução para o problema apresentado foi construída por meio de levantamento hipóteses e testes das mesmas, que por vezes não resultaram na resposta esperada. Ainda no texto, há referência à sugestão da utilização de uma outra metodologia, a mas que buscava uma solução parecida com a tentativa realizada pelo grupo anteriormente. Destacamos que para a aluna Y era necessária a retirada do ar de dentro do cano. Apesar de não conseguirmos precisar se esta afirmação foi fruto de uma percepção empírica construída durante a atividade, destacamos que o seu modelo explicativo tomou este dado como fundamental para a resolução do problema, presente no seu

argumento textual (Figura 04b) assim como em seu argumento oral. A Figura 04c parece explicitar sua percepção de que só poderia haver fluxo de um recipiente para o outro enquanto houvesse desnível entre o líquido nos dois recipientes.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por novos métodos que propiciem incentivos às atitudes de curiosidade, de respeito à diversidade de opiniões, à persistência pela busca e compreensão das informações, são características principais para uma boa educação no Ensino Fundamental. Essas concepções e reflexões se apresentam como grande potencial para contribuir para a Alfabetização Científica.

É preciso lembrar que a atividade não se encerra com a realização das investigações. Ainda como parte da atividade, os estudantes são convidados a refletir e reconstruir os caminhos, juntamente com seus colegas, que os levaram a solução do problema que fora inicialmente apresentado, e assim comunicar aos demais. Esse é um processo fundamental que os leva a tomada de consciência de suas ações, possibilitando, inclusive, proposição de enunciados que apresentem correlações (causais) para os fenômenos observados. Isto posto, reafirmamos que o papel dos estudantes no ensino por investigação é crucial para a realização de um atividade. O grande desafio é gerar engajamento dos participantes com as propostas trazidas pelo professor, em uma perspectiva que faça do problema apresentado pelo professor um problema de fato para os estudantes. Este engajamento pode transformar uma tarefa tradicional em uma tarefa que gera aprendizado mais amplo sobre conceitos das ciências e sobre ciências.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico - Tecnológica para quê? Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, v.3, n.1, p.122-134, 2001.

BAPTISTA, M. L. M. Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico. Tese de doutorado em Educação (Didática das Ciências) – Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal, 2010.

BRANDI, A. T. E.; GURGEL, C. M. A. A Alfabetização Científica e o Processo de Ler e Escrever em Séries Iniciais: Emergências de um Estudo de Investigação. Ação, Ciência & Educação, v.8, n.1, p.113-125, 2002.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. Investigações em Ensino de Ciências, v.5, n.3, p.171-189, 2000. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/download/592/383>>

CARVALHO, A. M. P.; TINOCO, S.C. O Ensino de Ciências como “enculturação”. In: CATANI, D.B.; VICENTINI, P.P. (Org.). Formação e autoformação: saberes e práticas nas experiências dos professores. São Paulo, SP / Brasil: Escrituras, 2006.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v.18(3), p.765-794, 2018.

DENZIN, N. K. ; LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. (Org.). O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p.15-41.

FREIRE, A. M. Reformas curriculares em ciências e o ensino por investigação. In: Atas do XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico, Castelo Branco / Portugal, 2009.

BARDIN, L. Análise de conteúdo, Edições 70, Lisboa, 1977.

LORENZETTI, I. DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, v.3, n.1, p.37-50, 2001.

MARTINAND, J. L. La Question de la Référence en Didactique du Curriculum. Investigações em Ensino de Ciências, v.8, n.2, p.125-130, 2003.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. Revista Ensaio, n.17 (especial), p. 49-67, 2015. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>

SASSERON, L.H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. Investigações em Ensino de Ciências, v.16(1), p. 59-77, 2011.

SILVA, M. B.; SASSERON, L. H. Alfabetização Científica e domínios do conhecimento científico: Proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v.23, 2021.

SUART, R, C.; MARCONDES, M. E. R. O Processo de Reflexão Orientada como metodologia para a formação inicial docente: Almejando a abordagem de Ensino por Investigação na educação básica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.27, p. 93-115, 2022.

# Capítulo 12



10.37423/230607839

## RELATO DE EXPERIÊNCIAS DA MUDANÇA DO PROFESSOR À MUDANÇA DOS MESTRANDOS

*Althyeris Marion Venturin*

*Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Cariacica*

*Cibele Kemeicik da Silva Machado*

*Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Cariacica*

*Alice Viviane Leles*

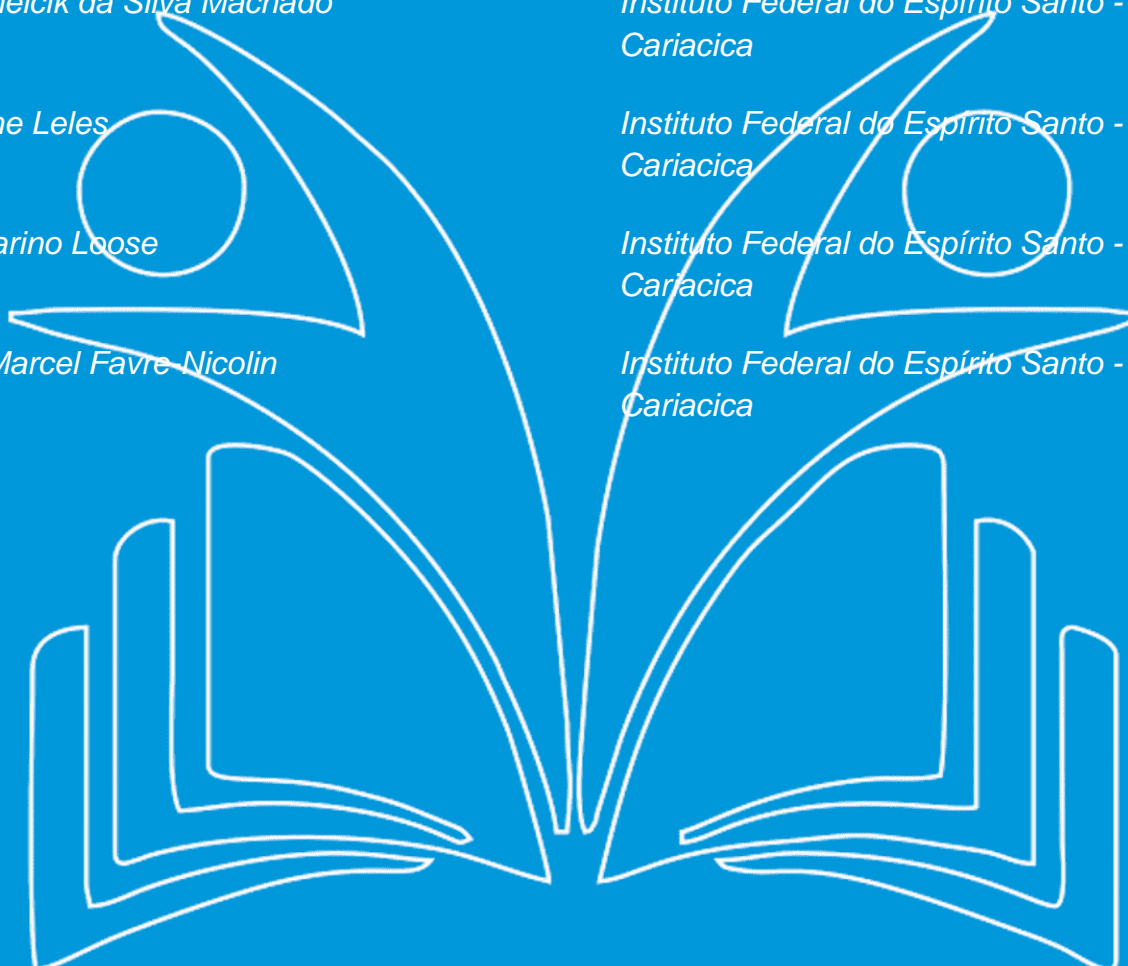
*Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Cariacica*

*André Cezarino Loose*

*Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Cariacica*

*Emmanuel Marcel Favre-Nicolin*

*Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Cariacica*



**Resumo:** *Apresentamos um relato de experiência da disciplina de Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental em um polo do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no qual dialogam o professor e os quatro mestrandos da turma. Começamos por um relato do processo que levou o professor dessa disciplina a esta construção. Os mestrandos relatam em seguida como a disciplina influenciou a sua vida profissional e como a diversidade das áreas de formação dos mesmos também foi importante para o crescimento de todos os envolvidos no contexto de uma disciplina na qual buscou-se promover vários momentos de interações. Concomitantemente ao desenvolvimento da disciplina, observou-se transformações das abordagens e metodologias utilizadas pelos mestrandos em seu ambiente profissional. Na disciplina são abordados criticamente diversas abordagens, Predizer-interagir-explicar, Predizer-observar-explicar, Aprendizagem baseada em problema e modelagem científica, evitando-se tanto as equivocadas abordagens epistemológicas empiristas e verificacionistas, quanto a tendência em desenvolver aula experimentais não-interativas, ambas tendências frequentemente encontradas em práticas experimentais.*

**Palavras-chave:** atividades experimentais; formação de professores; epistemologia.

## INTRODUÇÃO

O presente artigo é um relato de experiência de um professor e quatro mestrandos, participantes do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) – Campus Cariacica, ocorrido no primeiro semestre de 2018, na disciplina de Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental.

O Mestrado Profissional tem como objetivo melhorar a qualificação profissional de professores de Ciências que atuam no Ensino Fundamental e de professores de Física no Ensino Médio, as disciplinas que o compõem são momentos de reflexões acerca de vários aspectos relacionados ao processo de ensino aprendizagem. Na disciplina de experimentais, foram analisadas criticamente várias abordagens possíveis, tais como as práticas investigativas, modelagem científica e as sequências do tipo Predizer, Observar e Explicar (POE), Predizer, Interagir e Explicar (PIE), e Aprendizagem Baseada em Problemas (APB), tendo como pano de fundo fundamentos epistemológicos modernos e análise de abordagens comunicativas. No decorrer do artigo, haverá tanto uso de discurso impessoal, quanto de relato de cada participante dessa disciplina a fim de compartilhar diferentes pontos de vista.

## A DISCIPLINA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO MÉDIO E FUNDAMENTAL

A disciplina de Práticas Experimentais foi iniciada em agosto de 2014 no MNPEF-Cariacica. O objetivo dessa disciplina é formar professores para construir práticas experimentais inovadoras que evitem os vários erros encontrados nesta área. A proposta atual consiste na exploração crítica de vários tipos de abordagens de atividades experimentais no Ensino de Física, envolvendo tanto questões epistemológicas conceituais, quanto aspectos relacionados com a compreensão do processo de ensino aprendizagem. A seguir deixaremos a voz para o professor.

Eu, Emmanuel, sou professor responsável pela disciplina a qual leciono desde 2014. Neste período, foram muitas reflexões e desafios. Quando entrei nessa aventura, tinha seis anos de experiência prévia de professor no ensino médio, três anos na licenciatura onde eu comecei ministrando todas as disciplinas de físicas experimentais, desde Física Experimental 1 (Mecânica) até disciplinas de físicas experimentais avançada com experimentos tal como difração de elétron, efeito Compton e Difração de Raios X. Iniciei com uma perspectiva que reproduzia o que eu tinha vivenciado, na minha formação inicial na Universidade Joseph Fourier, Grenoble, França. Essa perspectiva alinhava-se com uma perspectiva de aulas experimentais bastante criticadas na literatura. Medeiros (2000), em particular, aponta para várias abordagens equivocadas, tal como a perspectiva empirista, que consiste em

“afirmar que todo conhecimento nasce diretamente das observações” e o verificacionismo para o qual os “mecanismos de validação do conhecimento científico” baseiam-se “em comprovações experimentais”. As limitações do indutivismo ingênuo, concepção epistemológica que combina empirismo e verificacionismo, são clarificadas por Medeiros (2000), quando explicita que pessoas assujeitadas por esta perspectiva epistemológica “deixam de lado toda a complexidade da mediação exercida, no ato de observar, pelo sujeito cognoscente”.

Hoje, eu não saberia dizer detalhadamente como se deu a evolução da minha concepção de ciência de uma perspectiva mais ingênuo até uma perspectiva mais alinhada com as modernas epistemologias, tal como as perspectivas realistas críticas e do realismo científico com os quais me sinto hoje em sintonia. Foi um longo caminho com várias leituras de artigos na área de Ensino de Ciência e Ensino de Física os quais nem sempre orientam da melhor forma pois os mesmos ainda costumam trazer acriticamente concepções sobre ensino que já foram bastante criticadas na literatura. Neste caminho tive a oportunidade de viver interações ricas, em particular com os professores Fernando Lang da Silveira e Alexandre Medeiros. Este longo caminho foi certamente necessário para chegar a forma em que a disciplina de práticas experimentais encontra-se hoje. Seria difícil lembrar exatamente o processo mental que me levou a fazer este caminho, mas além das experiências mencionadas acima, me parece que o fato de ministrar a disciplina História da Física na licenciatura há alguns anos e de ter tendência em não me satisfazer de livros existentes, foi certamente um importante fator. Isso me levou a procurar várias fontes, outras leituras e acabei aprimorando minhas concepções sobre Epistemologia da Ciência e enriquecendo minha compreensão conceitual da Física. Meu interesse em aprofundar as questões de ordem epistemológica, me levou a propor uma iniciação científica sobre esse tema. Orientei um aluno da licenciatura que estudou a concepção epistemológica de professores de Física em uma licenciatura em Física. Foi um momento de aprofundamento acerca de discussões existentes na literatura envolvendo Epistemologia e Ensino de Física na literatura. Neste semestre, tive a oportunidade de ministrar as disciplinas de Práticas Experimentais e Marcos do Desenvolvimento da Física (História da Física) que me parecem ser as disciplinas com maior potencial para o desenvolvimento de uma concepção epistemológica moderna e são, portanto, extremamente estratégicas tanto na formação inicial de professores quanto na sua formação posterior como é o caso do MNPEF. Dessa forma, um dos grandes objetivos da disciplina de práticas experimentais é contribuir para o desenvolvimento das concepções epistemológicas dos alunos que a cursam. O tempo disponível para ocorrer tal desenvolvimento é bastante curto em uma disciplina semestral de quatro horas semanais. Um dos principais desafios, é fornecer experiências

que potencializam esse desenvolvimento, em tão pouco tempo. Gil-Pérez (2001), por exemplo, aponta a concepção epistemológica do professor como um dos fatores que mais influenciam a sua atuação em sala de aula. A disciplina de Práticas Experimentais que desenvolvi não se limita a potencializar o desenvolvimento epistemológicos dos alunos. Envolve também o objetivo prático de capacitar os professores a desenvolver práticas experimentais não só inovadoras mas, que além de evitar erros epistemológicos, também tente evitar outros tipos de erros relacionados ao processo de ensino-aprendizagem. Dentro dessa perspectiva, a disciplina se desenvolveu em dois eixos principais estruturantes, na modelagem científica (HEIDEMANN et al, 2016 ; HEIDEMANN et al, 2012), que tem como sustentação a epistemologia de Mário Bunge (BUNGE, 1974) e, numa leitura das práticas experimentais através das dimensões de abordagem comunicativa discutidas por Scott e Mortimer (2016), interativa/não-interativa e dialógica/não dialógica.

## COMPOSIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA TURMA

A proposta inicial do MNPEF, além das disciplinas obrigatórias, é que os mestrandos frequentem uma disciplina optativa, entre os dez alunos do curso, seis optaram por Atividades Computacionais para o Ensino Médio e Fundamental e quatro por Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental, suas escolhas foram decididas por afinidades com a proposta de cada matéria e para atender aos projetos de mestrado que consistem geralmente em construir e validar uma proposta de sequência didática de determinado assunto da Física.

A disciplina de Práticas Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental conta com dois mestrandos formados em Licenciatura plena em Física os quais são docentes de turmas do Ensino Médio Regular de escolas da Rede Estadual de Educação do Espírito Santo (Sedu) e duas mestrandas com Licenciatura em Ciências Biológicas, que ministram a disciplina de Ciências no 9º ano do Ensino Fundamental nos municípios de Guarapari e Vila Velha. As realidades profissionais dos mestrandos são completamente diferentes como relatam a seguir, no Ensino Médio Regular os alunos dispõem de duas aulas semanais, sendo 55 minutos cada para as turmas diurnas (matutinas e/ou vespertinas) e 60 minutos para as turmas noturnas, e os alunos do Ensino Fundamental têm no máximo duas aulas semanais com duração de 60 min cada aula. A Física, no Ensino Médio, é uma disciplina autônoma, diferente da disciplina de Ciências no Ensino Fundamental que é dividida em conceitos introdutórios de Física e Química, assim, os conteúdos de Física costumam ser discutidos rapidamente, apenas analisando os principais conceitos, a fim de dar conta de todos os conteúdos propostos no alinhamento, que abrange desde cinemática até eletromagnetismo dentro do pouco tempo disponibilizado.

## A ORGANIZAÇÃO DAS AULAS DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

As aulas da disciplina de práticas experimentais foram estruturadas a partir dos seus aspectos interativos e epistemológicos. A primeira prática abordada é interativa, baseada na relação entre observação de movimentos e representações (gráficos), para potencializar a construção de uma perspectiva realista crítica em que “fatos científicos descritos são idealizações, construções mentais socialmente compartilhadas e não, exatamente, fatos brutos da realidade concreta” tal como no realismo ingênuo como bem apontam Medeiros e Medeiros (2011). Nesta prática, foi promovida uma atividade metacognitiva dos alunos que consiste em integrar conhecimentos prévios e socialmente construídos, orientando-os a superar as visões que consistem em excluir os dois conhecimentos tal como é feito quando aplica-se às ideias da primeira geração de mudança conceitual. Na prática isso consiste em uma sequência na qual os alunos pensam e escrevem suas próprias respostas e concepções e, posteriormente, as analisam, comparando-as com as respostas e concepções construídas coletivamente após interações sociais. Dar esse foco aos alunos é de extrema importância para o processo de ensino-aprendizagem, em particular, quando se trata de conceitos fundamentais e/ou envolvido em experiências do dia-a-dia tal como em cinemática que envolve noções de espaço e tempo.

Em seguida foi desenvolvida uma prática experimental de queda (quase) livre com folha e caderno envolvendo concepções históricas sobre dinâmica no qual se questiona nossa capacidade em refutar uma dinâmica aristotélica e corroborar uma dinâmica newtoniana, uma situação corriqueira em que uma leve folha A4 se atreve a empurrar um pesado caderno! A sequência continuou com um aprofundamento das discussões prévias, usando filmagens de queda (quase) livre de conjuntos de dois objetos em situação inicial de contato (como a folha e o caderno) com uso do software Tracker, com o qual foi abordado tanto a parte técnica, que consiste em construir gráficos, quanto em uso menos convencional e que parece mais interessante para a aprendizagem da Física em que o vídeo é usado para engajar discussões de cunho conceituais e epistemológicas. Uma das ideias subjacente a esta prática é que nossas ideias teóricas captam parcialmente a realidade como bem apontam os professores Alexandre Medeiros e Fernando Lang da Silveira em uma página do Centro de Referência em Ensino de Física sobre Realismo Crítico (MEDEIROS E SILVEIRA, 2013). Em seguida, foi aprofundado a questão da complexidade da realidade através de uma proposta de modelagem de um experimento de calorimetria, semelhante com a proposta de Silveira (2016), em que é estudada uma curva de aquecimento de um volume de água (temperatura em função do tempo). A última proposta de

atividade experimental abordou a Física da Segunda Lei de Ohm, numa perspectiva de aprendizagem baseada em problema fundamentada do ponto de vista epistemológico, evitando em particular o empirismo, muito comum em tais abordagens (APB), uma abordagem bastante criticável em geral e em particular no caso da Física que é uma ciência avançada que tem construído teorias bastante contraintuitivas. A título de exemplo, podemos citar Bunge (2010, p. 48) que aponta para o fato do próprio Kant não ter entendido o contraintuitivo conceito de inércia o que o levou a considerar forças repulsivas do Sol para equilibrar a atração gravitacional, mesmo um século após Newton. Nesta prática foi discutida a noção de que os modelos construídos consistem em representações que simplificam a realidade. Foi também discutido a possibilidade de práticas experimentais como meio para revelar concepções/ideias dos alunos, um aspecto frequentemente esquecido nas propostas de práticas experimentais publicadas na literatura. A possibilidade do professor identificar concepções/ideias dos alunos, é um ponto essencial para uma aula compromissada com uma perspectiva de aprendizagem que foge da perspectiva de transmissão de conhecimentos e inclui momentos com interações, sejam elas de autoridade ou dialógicas. Após este momento de modelagem científica, foi discutido breve e criticamente a perspectiva de práticas experimentais investigativas, que costuma não explicitar suas bases epistemológicas de maneira clara. Foi realizada uma comparação entre práticas experimentais investigativas e a abordagem de modelagem científica na perspectiva de Mário Bunge, em que aborda-se determinados fenômenos, criando-se um modelo conceitual e teórico para tentar explicá-lo, a partir de teorias gerais. A validade do modelo se baseia na comparação entre os dados produzidos pelo modelo e os dados empíricos obtidos experimentalmente. Um aspecto importante é a clareza de que a construção de modelos depende de teorias gerais, enquanto nas práticas investigativas tende-se a seguir o princípio de maximizar o grau de abertura do laboratório como sugerido por Borges (2002) e construir a teoria juntamente com os alunos ao longo da prática experimental, uma perspectiva epistemológica bastante arriscada e que precisaria ser clarificada para encontrar uma justificativa epistemológica válida que se demarca do empirismo. Nesse quadro teórico envolvendo tanto a epistemologia quanto as abordagens comunicativas, foram discutidas diversas mini-sequências tal como aquela do tipo Predizer, Observar e explicar (POE), Predizer, interagir e explicar (PIE) e, a Aprendizagem Baseada em Problemas (APB).

## DISCUSSÃO

A disciplina de Práticas Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental trouxe uma alteração substancial na postura e na abordagem dos mestrandos em sala de aula como mostram os seus relatos que discutem a sua experiência na disciplina e novas perspectiva adotadas nas aulas que ministram.

Para eu, Alice Viviane Leles, a disciplina de Atividades Experimentais contribuiu muito para a minha aprendizagem, foi muito significativa a mudança na construção de novos conceitos. A mediação do professor Emmanuel fez toda a diferença. Com as metodologias utilizadas como a PIE, percebi o quanto é importante a interação entre os colegas da turma de outra formação para a troca de experiência, um aspecto que promove a aprendizagem ao permitir o aproveitamento da diversidade de ponto de vista. Já com o POE identifiquei que a observação é muito importante pois as possíveis discrepâncias entre as medidas e o que foi predito no início, podem ser o ponto de partida de discussões e conhecimento. Após essa experiência tive um novo olhar para as aulas experimentais, com maior enfoque na interação e observação, no intuito de proporcionar ao aluno uma maior interação entre eles para gerar as divergências e consensos com relação ao que foi observado e provocar a formação de novos conhecimentos.

Eu, Althyeris Marion Venturin, tinha inicialmente uma grande dúvida com a disciplina de Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental. Como essa disciplina poderia me ajudar com as aulas de Física no Ensino Médio? Com o decorrer das aulas, as discussões levantadas, as trocas de experiências com os colegas e as orientações com o professor que ministra a disciplina, pude aperfeiçoar minhas práticas que são realizadas com os alunos, tendo outra didática de como posso fazer uma melhor interação para que os alunos se interessem mais pelo componente Curricular de Física. Outro destaque foi a interação com as colegas de turma, duas biólogas que ministram aulas de Ciências, e que precisam introduzir conceitos de Física para turmas de 9º ano do Ensino Fundamental, e assim, pude conhecer melhor a realidade dos alunos que irão ingressar no Ensino Médio no ano seguinte.

Para eu, André Cezarino Loose, as discussões geradas em sala de aula e a heterogeneidade da turma do mestrado, tem criado novas situações e despertado visões diferentes na forma de analisar os experimentos utilizados, impactando diretamente na forma como leciono a disciplina. As abordagens realizadas pelo professor Emmanuel contribuíram para o aprimoramento das discussões e análises, indicando como trabalhar as possíveis dificuldades dos alunos. Desde o início das aulas no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, minha prática em sala tem se modificado, pois tenho

ampliado o conhecimento e isso me fez mudar a forma como faço as intervenções em relação às dificuldades dos alunos e suas dúvidas. Além disso, minha visão de aula de laboratório se transformou, pois tenho procurado fazer com que os alunos usem melhor o tempo no laboratório para fazer uma reflexão acerca do experimento e não apenas medições demoradas que não contribuem para os conceitos de física envolvidos no experimento. Hoje percebo que muitas vezes a visão de um aluno a respeito de um determinado assunto, normalmente não corresponde com o conceito científico e ajudá-lo na construção do conhecimento, não apenas dizendo que sua resposta está errada, no passado seu conceito poderia fazer sentido ou ainda pode ser utilizado na elaboração do conceito científico. Essas questões fizeram com que eu mudasse minha linha de pesquisa do mestrado procurando compreender os registros de representação.

Eu, Cibele K. da Silva, penso que a disciplina de Práticas Experimentais foi essencial em meu cotidiano escolar. A importância e o foco que eu dava para experimentos foi alterada e agora quando realizo esses experimentos tenho outras perspectivas. A principal delas é desenvolver atividades experimentais que promovem momentos de interação com os alunos. Outra perspectiva consiste em instigá-los a prever os resultados que serão obtidos. A perspectiva anterior era essencialmente de demonstração. Percebi, ao longo da disciplina, que esta perspectiva não tem grande valia, pois não promove o engajamento cognitivo. As discussões sobre as abordagens PIE, POE e APB trouxeram novas compreensões e mudanças pedagógicas que resultaram, na minha sala de aula, em uma melhora tanto nos resultados avaliativos, quanto na relação professor-aluno.

Eu, Emmanuel, professor da turma, acrescento que fiquei positivamente surpreso pelo impacto relatado pelos alunos. Me parece que um ponto chave da disciplina foi o entendimento da importância de promover atividades promovendo frequentes interações sociais tanto aluno-aluno quanto aluno-professor.

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a participação na disciplina de Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental os mestrandos envolvidos puderam agregar à sua prática docente novas perspectivas que contribuíram para mudanças perceptíveis na sala de aula. Em particular, um ponto chave é a compreensão de que o simples modelo de transmissão não se sustenta e que interações sociais são elementos essenciais do processo de ensino-aprendizagem. As discussões de cunho epistemológico permitiram um aprimoramento da compreensão da complexa relação entre realidade e construtos da ciência na qual

fica claro que esses construtos não são cópias perfeitas dela. A disciplina como um todo e em particular as abordagens de modelagem científica, APB, PIE e POE discutidas na disciplina abriram novas possibilidades pedagógicas para fundamentar práticas pedagógicas nas quais os alunos tornam-se agente ativo da sua aprendizagem e o professor mediador do conhecimento ao promover vários momentos de interações sociais.

## BIBLIOGRAFIA

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002.

BUNGE, M. Teoria e realidade. São Paulo: Editora Perspectiva, 1974.

GIL-PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernández; ALÍS, Jaime Carrascosa; et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 7, n. 2, p. 125–153, 2001.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. 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. Vol. 29, nesp 2 (out. 2012)*, p. 965- 1007, 2012.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Modelagem Didático-científica: integrando atividades experimentais e o processo de modelagem científica no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 3–32, 2016.

MEDEIROS, Alexandre; BEZERRA FILHO, Severino. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino da física. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 6, n. 2, p. 107–117, 2000.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide. Questões epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 1, 2011.

MEDEIROS, Alexandre; da SILVEIRA Fernando Lang; Pergunte ao CREF: O que é REALISMO CRÍTICO?. 2013. Disponível em:

<<https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=realismo-critico>>. Acesso em: 28 de jun. 2018.

MORTIMER, Eduardo F; SCOTT, Phil. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino.

*Investigações em ensino de ciências*, v. 7, n. 3, p. 283–306, 2016.

SILVEIRA, Fernando Lang da. Um tema negligenciado em textos de Física Geral: a vaporização da Água. *Física na Escola*, v. 14, p. 27–30, 2016.

# Capítulo 13

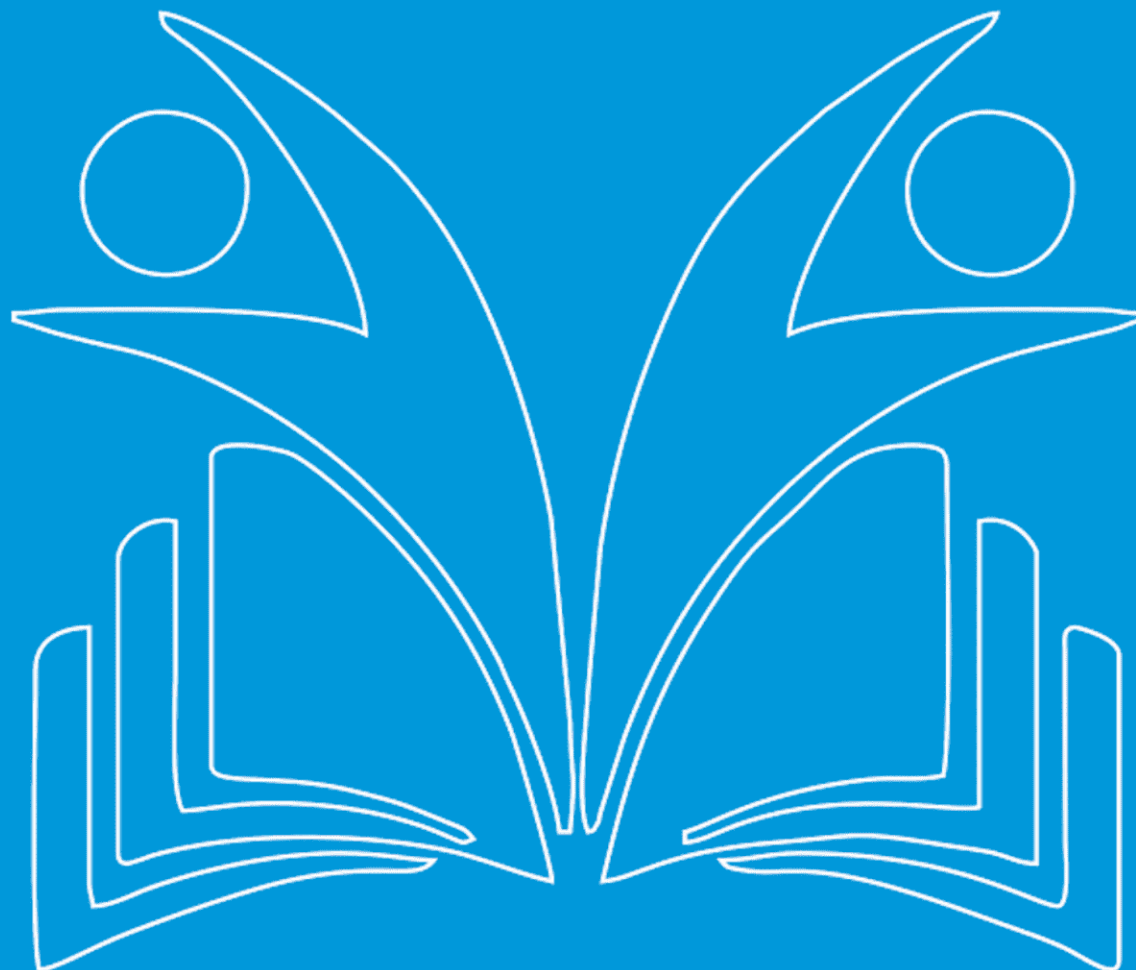


10.37423/230607848

## SOBRE A SEGUNDA LEI DE NEWTON: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES A PARTIR DOS LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO

*Gilvan Oliveira Rios Maia*

*Colégio Estadual Abelardo Moreira*



**Resumo:** Neste trabalho, a partir de uma pesquisa documental, considerando um conjunto de nove livros do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2018-2021), analisa-se as abordagens propostas para a Segunda Lei de Newton – aplicada a objetos pontuais e corpos rígidos. Busca-se, de modo especial, evidências da aplicação da Segunda Lei à compreensão da dinâmica de corpo rígido. Acrescenta-se ainda algumas considerações sobre o conceito de estado no campo teórico da mecânica de newtoniana, partindo do pressuposto de que a Segunda Lei, em essência, compreende um dispositivo teórico para a caracterização da evolução dinâmica de um objeto clássico. Alguns resultados dessa pesquisa indicam que as abordagens, em sua maioria, incluem preocupações apenas com objetos pontuais, sem um aprofundamento sobre dinâmica de corpos rígidos. Observa-se, também como resultado deste trabalho, a ausência de uma discussão da relação entre a Segunda Lei e o conceito de estado clássico.

**Palavras-chave:** Segunda lei de Newton. Ensino de Física. Livros Didáticos.

## INTRODUÇÃO

A institucionalização da pesquisa em ensino de física, no Brasil, tem início na década de 1970 (NARDI e ALMEIDA, 2004; DELIZOICOV, 2004). Portanto, em um intervalo de aproximadamente 40 anos, é natural que as preocupações de pesquisa se modifiquem, face às demandas socioeducacionais em curso. Ainda que não se possa apontar um paradigma<sup>1</sup> dominante, é possível dizer que em certos períodos os problemas de pesquisa e as abordagens são compartilhados por boa parte da comunidade de pesquisa em ensino de física<sup>2</sup>. Do mesmo modo, os temas do campo da física, considerados relevantes, especialmente quando se pensa nas suas implicações no espaço da sala de aula, parecem fazer parte, em certos momentos, da grande maioria dos trabalhos produzidos na área.

Para esclarecer o que se afirma acima, basta ver, por exemplo, como a preocupação com a inserção da chamada Física Moderna e Contemporânea (FMC), relacionada com os conceitos da mecânica quântica, da relatividade e sistemas não-lineares, ganham espaço a partir do início da década de 1990 e estão no centro do debate no momento. Alguns exemplos do que se afirma acima, aparecem em (TERRAZAN, 1992; PESSOA Jr., 1997; ZANETIC, 1999; PEREIRA, A. P.; CAVALCANTI, C.J.H.; OSTERMANN, F, 2009; GRECA, MOREIRA e HERSCOVITZ, 2001; MONTENEGRO e PESSOA Jr, 2002; PEREIRA, CAVALCANTI, OSTERMANN, 2009). Entretanto, isso não significa que outros campos da física foram esquecidos, nem tampouco que a introdução desses temas na educação básica tem acontecido ou que os temas que compõem o quadro teórico da física clássica sejam irrelevantes para novas investigações – já que suas possibilidades didáticas teriam sido totalmente exploradas.

Se é verdade que na pesquisa em ensino de física existe um número expressivo de trabalhos que tratam de temas da mecânica newtoniana<sup>3</sup> (COSTA e MOREIRA, 2001; ASSIS e RAVANELLI, 2008; BEZERRA et al, 2011; ANDRADE- NETO, et al, 2013; BELLUCO e PESSOA DE CARVALHO, 2014; BREITSCHAFT e BARBOSA, 2014), não é do mesmo modo verdadeira a premissa que assume que abordagem da física na educação básica dialoga com os resultados da pesquisa em ensino de física – com destaque – caso de interesse deste trabalho – para segunda lei de Newton aplicada a corpos rígidos. Como trataremos de demonstrar nesse artigo, alguns temas relevantes que podem ser discutidos a partir da mecânica newtoniana não são abordados, ou são abordados de modo superficial. É o caso das leis de Newton – com atenção para as consequências da aplicação da segunda lei. Apresenta-se, nesse artigo, uma análise dessa temática, buscando identificar dois aspectos/considerações, a saber: 1) se se conhece uma lei de força, a segunda lei possibilita alguma previsão acerca da evolução de dinâmica de corpos ou sistemas de corpos – ou seja, a segunda lei

possibilita a caracterização do estado de um objeto clássico. No entanto, esse aspecto é pouco explorado nos livros didáticos do ensino médio, priorizando os modelos matemáticos para as distintas forças (elástica, atrito, gravitacional, etc), apagando-se as implicações do conceito de força para compreensão da dinâmica dos corpos; 2) as aplicações da segunda lei de Newton ficam restritas, quase que exclusivamente, para partículas (objetos pontuais), com poucas aplicações para corpos rígidos (objetos extensos).

Constitui objetivo central desse artigo analisar a forma como a segunda lei de Newton é apresentada nos livros de ensino médio que compõem o PNLD/2018, apontando algumas sugestões para ampliação da sua abordagem nesse nível ensino.

## SOBRE A SEGUNDA LEI DE NEWTON E ALGUMAS IMPLICAÇÕES PARA A ANÁLISE DE DINÂMICA DE CORPOS RÍGIDOS

A mecânica clássica surge a partir do esforço coletivo de diversos cientistas, sendo Isaac Newton, provavelmente, o mais conhecido deles. Seus conceitos básicos tem uma enorme aplicabilidade e fazem parte da nossa experiência cotidiana. Se na transição do século XIX para século XX, a mecânica clássica encontra seus limites de validade – quando aplicada ao mundo atômico e subatômico ou, ainda, quando convocada a analisar objetos que se movimentam com velocidades próximas à velocidade da luz –, isso não significa que ela tenha perdido sua importância; basta ver, por exemplo, as aplicações no campo da engenharia. Por outro lado, a aplicação dos princípios de conservação<sup>4</sup> (de momento linear e momento angular), possibilitam análise de uma série de problemas de relevância para a física.

O conteúdo básico da mecânica newtoniana pode ser resumido em três leis fundamentais. Apresenta-se cada uma delas, com especial atenção para a Lei da Inércia e a Segunda Lei. Na seção dedicada à análise e conclusões, aponta-se os pontos que poderiam ser discutidos na educação básica, que, como veremos, não são explorados nos livros didáticos de EM. Não será feito, neste artigo, um retorno às definições de Newton, apresentada nos Principia<sup>5</sup>. Sobre isso, já existe extensa literatura<sup>6</sup>. As definições que seguem baseiam-se em leituras feitas pelo autor a partir da literatura básica de graduação em física, com destaques para três fontes principais – (KIBLE, 1970; NETO, 2013; NUSSENZVEIG, 2002) – complementadas por artigos que apresentam exemplos de aplicações das leis de newton para análise da dinâmica de corpos rígidos.

A 1ª Lei de Newton, ou Lei da Inércia, pode ser enunciada, de acordo com Neto (2013, p. 17), como a seguir: uma partícula livre (que não está sujeita a nenhuma interação<sup>7</sup>) está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. A primeira lei define o conceito de referencial inercial, inclusive como forma de validar a segunda lei – que só vale para esta categoria específica de referenciais. Seja  $S$  referencial inercial; um segundo referencial  $S'$  é inercial, em relação a  $S$ , se, e somente se, este se movimenta com velocidade constante em relação a  $S$ .

A lei da inércia informa, ainda, que nenhuma causa é necessária para a manutenção do movimento de um corpo, desde que a força resultante sobre o corpo seja nula. Ou seja, se sobre um objeto atuam  $\vec{F}_i$ , de diversas naturezas, e se  $\Sigma \vec{F}_i = \vec{0}$ , pode existir um tipo especial de movimento, conhecido como movimento retilíneo uniforme. No entanto, caso se deseje alterar o estado de movimento do corpo, deve-se aplicar uma força. Em outras palavras, a força deverá ser o elemento responsável por produzir alterações na velocidade do objeto, ou seja, acelerá-lo. Portanto, a dinâmica de movimento linear de um objeto pode ser completamente descrita pela segunda lei de Newton. Este é, aliás, o conteúdo da segunda lei de Newton.

Antes de avançar para a segunda lei, porém, gostaríamos de acrescentar mais uma observação sobre a lei da inércia; é muito comum, em diversos livros didáticos de EM, atribuir as consequências das suas conclusões à condições de equilíbrios para objetos, sem maiores discussões sobre serem estes objetos partículas ou corpos rígidos. É importante destacar que, para um corpo rígido, deve-se acrescentar que  $\Sigma \vec{\tau}_i = \vec{0}$ , em que  $\vec{\tau}_i$  referem-se aos torques exercidos por forças que, eventualmente, poderiam produzir variações no momento angular do corpo rígido, fato que violaria suas condições de equilíbrio. Agora, voltemos, então para a Segunda Lei de Newton, para uma partícula, cujo conteúdo é assim apresentado por Neto (2013): quando uma partícula interage, seu estado de movimento é alterado da seguinte maneira,

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (1)$$

Na equação (1),  $\vec{F}$  representa a resultante das forças que atuam sobre a partícula e dependerá do tipo de interação estabelecida. Portanto, sem que se conheça a uma lei de força para  $\vec{F}$ , a equação (1) não é útil para entender a evolução dinâmica da partícula.  $\vec{p}$ , na equação (1), é o momento linear da partícula, dado pelo produto escalar da sua massa e da sua velocidade.

A equação (1) é uma das equações mais importantes de toda a física, expressando, também, a dimensão epistemológica da mecânica clássica aplicada à dinâmica dos objetos, marcada pelo determinismo na leitura dos fenômenos. Como pressuposto, se é possível medir as sucessivas posições  $\vec{r}=(x,y,z)$  de uma partícula, com relação a um referencial inercial em função do tempo, podemos definir uma trajetória para a mesma. As velocidades instantâneas da partícula podem ser obtidas através da derivada temporal da posição, o que possibilita caracterizar, completamente<sup>8</sup>, o estado do objeto, em qualquer instante  $t$ . Como veremos adiante, esta consequência da 2ª lei de Newton é completamente apagada dos livros do EM.

A Terceira lei de Newton, extremamente importante para a compreensão de sistemas constituídos de N partículas em interação, pode ser descrita, em acordo com Neto (2013, p.17), da seguinte maneira: quando duas partículas interagem, a força em cada uma delas possui o mesmo módulo, mesma direção e sentido contrário da força que atua na outra. As consequências da terceira lei são especialmente constatadas quando se discute o princípio de conservação do momento linear.

#### METODOLOGIA E CORPUS DE ANÁLISE

Para elaboração do corpus de análise dessa pesquisa, utiliza-se a pesquisa documental. Pádua (1997) destaca que:

Pesquisa documental é aquela realizada a partir de documentos, contemporâneos ou retrospectivos, considerados cientificamente autênticos (não fraudados); tem sido largamente utilizada nas ciências sociais, na investigação histórica, a fim de descrever/comparar fatos sociais, estabelecendo suas características ou tendências (p.62).

A escolha por essa metodologia de pesquisa possibilita que as questões aqui indicadas possam ser analisadas/respondidas, uma vez que os documentos que serão analisados foram obtidos pelo pesquisador para que o mesmo avaliasse sua adequação à proposta didática de uma escola de Ensino Médio. Foram analisadas, neste artigo, as obras ( 9, dentre as 12 que compõem o PNLD 2018) disponibilizadas para análise, por parte das editoras, na instituição de ensino em que autor leciona. Portanto, os documentos da pesquisa – que aqui se constituem no corpus de análise – são os livros didáticos que compõem o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2018).

#### DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Apresenta-se, a seguir, com a intenção de responder a questão de pesquisa colocada acima, alguns resultados da pesquisa documental sobre os livros didáticos. Como forma de orientação do leitor,

optou-se por separar os resultados em dois blocos, a saber: primeiro, destaca-se as consequências epistemológicas (com o conceito de estado); em seguida, destaca-se a aplicação da segunda lei para corpos rígidos. Para que a presente análise não fique exaustiva, optamos por apresentar abordagens parecidas em conjunto, apresentado um exemplo de algumas delas e generalizando para as demais.

#### A SEGUNDA LEI DE NEWTON NOS LIVROS QUE COMPÕEM O PLND 2018: BUSCANDO EVIDÊNCIAS DO CONCEITO DE ESTADO

A abordagem da Segunda Lei de Newton, na maioria dos livros consultados, inicia-se no capítulo dedicado à Dinâmica, logo depois de alguns capítulos dedicados ao estudo da cinemática (DOCA, BISCUOLA e VILLAS BÔAS, 2016; FUKUI e VENÊ, 2016) – sendo esse o caminho mais comum. Em um único caso, do conjunto de livros que integram os documentos desta pesquisa, a discussão da noção de força, com destaque para os diferentes tipos de interação, antecede a apresentação formal do conteúdo da segunda lei e o estudo da cinemática (GONÇALVES FILHO e TOSCANO, 2016).

Como foi dito acima, a abordagem mais comum para a segunda lei, começa com a introdução das leis de Newton no capítulo intitulado Dinâmica. É o caso das seguintes obras: (DOCA, BISCUOLA e VILLAS BÔAS, 2016; FUKUI e VENÊ, 2016; GUIMARÃES, PIQUEIRA e CARRON, 2017; BARRETO FILHO e SILVA, 2016; MÁXIMO, ALVARENGA e GUIMARÃES, 2017; GASPAR, 2017; PIETROCOLA, et al, 2016). Um exemplo típico dessa abordagem aparece em Doca, Biscuola e Villas Bôas (2016), quando apresenta formalmente a segunda lei de Newton.

Se  $\vec{F}$  é a resultante das forças que agem em uma partícula, então, em consequência de  $\vec{F}$ , a partícula adquire, na mesma direção e no mesmo sentido da força, uma aceleração  $\vec{a}$ , cujo módulo é diretamente proporcional à intensidade da força. A expressão matemática da 2ª Lei de Newton é:  

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad (\text{p.90}).$$

De posse do enunciado acima, o passo seguinte consiste na resolução de problemas. Em essência, tais problemas estão centrados em situações que envolvem interação de objetos pontuais em um campo gravitacional constante (objetos em planos horizontais com/sem atritos, objetos em planos inclinados com/sem atritos, objetos submetidos à forças de tração e empuxo, pêndulos simples, sistemas massa-mola, etc).

De modo parecido, Máximo, Alvarenga e Guimarães (2017) – depois de algumas considerações sobre a relação entre massa, força e aceleração – argumentam que a “aceleração que um objeto adquire é

diretamente proporcional à resultante das forças que atuam nele e tem a mesma direção e o mesmo sentido dessa resultante” (p.115)<sup>9</sup>. De maneira similar a Doca, Biscuola e Villas Bôas (2016), traçam considerações sobre a relação entre força e aceleração, passando a seguir para a aplicação da segunda lei em uma série de problemas envolvendo objetos pontuais.

Não há, nas duas referências acima, uma discussão mais ampla sobre os limites de validade desta lei fundamental na mecânica newtoniana. Nussenzveig (2002, p.71), argumenta que, para aplicar  $\vec{F} = m\vec{a}$  diretamente, deve-se assumir algumas suposições, a saber:

1.  $m$  é o mesmo para quaisquer conjunto de forças que atue sobre o objeto.
2.  $m$  não sofre variações com mudanças na posição e velocidade o objeto. Tal suposição é verdadeira para baixas velocidades, se comparadas à velocidade da luz (domínio não-relativístico). É importante destacar que isso não significa dizer que a segunda lei de Newton não tenha validade para análise de objetos cuja massa varia com o tempo – como se sabe, a evolução dinâmica de um foguete pode ser compreendida a partir da segunda lei.

3. no mundo subatômico, a mecânica newtoniana deve ser substituída pelas leis da mecânica quântica.

Além do que se apresenta acima, a epistemologia determinista de mecânica de Newton, assume que um o observador, munido de réguas e relógios, possa medir com precisão arbitrária as diferentes posições ocupadas pelo objeto ao longo do tempo. Se conhecemos como a posição varia com o tempo, podemos determinar como a velocidade varia com o tempo. De acordo com Prigogine (1996, p.35), “[...] quando posições e velocidades são conhecidas, a trajetória pode ser determinada a partir da Lei de Newton ou de qualquer outra formulação equivalente da dinâmica”. Ou seja, de posse dessas informações, a aplicação da segunda lei de Newton conduziria à caracterização do estado de movimento do objeto – aspecto que não aparece, explicitamente, no conjunto de livros consultados.

Uma outra forma de abordar a segunda lei de Newton, muito comum em cursos de graduação<sup>10</sup>, é apresentada em Gonçalves Filho e Toscano (2016). A partir de uma apresentação inicial sobre o conceito de quantidade de movimento, os autores argumentam que “a relação existente entre a variação da quantidade de movimento de um objeto ( $\Delta\vec{Q}$ ) num certo intervalo de tempo e a força ( $\vec{F}$ ) é denominada lei fundamental dos movimentos ou segunda lei de Newton”<sup>11</sup> (p.45). Como a quantidade movimento linear está relacionada com a massa e a velocidade do objeto, é possível chegar à relação  $\vec{F} = m\vec{a}$ , com a vantagem de destacar, desde o início, que a variação na velocidade o objeto está relacionada com a atuação de uma força sobre o mesmo. No entanto, do mesmo modo

que nos casos anteriores, apaga-se o fato de que a segunda lei de Newton, considerada “fundamental”, tem implicações epistemológicas, marcada pela perspectiva determinista do estado de um objeto clássico.

A preocupação excessiva com a resolução de exercícios apaga o aspecto central da segunda lei de Newton, que, como já dissemos, está relacionada com a possibilidade de caracterizar o estado de movimento de um objeto clássico. Por outro lado, não há, em nenhum dos casos por nós analisados, uma discussão sobre a forma/natureza de  $F$  na equação da segunda lei. Isso pode, a nosso ver, conduzir à dificuldade quanto à aplicação da segunda lei para os diversos tipos de interação – sendo essa hipótese objeto de investigação futura.

## A SEGUNDA LEI DE NEWTON NOS LIVROS QUE COMPÕEM O PLND 2018: APLICAÇÕES PARA A DINÂMICA DE CORPOS RÍGIDOS

Nossa intenção, nesse momento, direciona-se para análise da segunda lei de Newton aplicada à dinâmica de corpos rígidos. De modo geral, o tratamento feito sobre corpos rígidos aparece com o subtítulo “estática”, como consequência da aplicação da segunda lei de Newton a corpos rígidos – como se fossem objetos pontuais – ou com breves discussões sobre o conceito de torque. Uma análise da dinâmica de corpos rígidos, no contexto dos livros de física do EM, é o nosso interesse, a partir de agora. Se, no caso do movimento linear de uma partícula, nossa atenção se volta para as noções de força, momento linear, massa e aceleração, no caso do movimento de um corpo rígido, torque, momento de inércia, aceleração angular e momento angular passam a ser ingredientes fundamentais.

A segunda lei de Newton para o movimento de rotação de um corpo rígido é

$$\tau = I\alpha \quad (2)$$

Na equação (2),  $\tau$ ,  $I$  e  $\alpha$  representam, respectivamente, o torque resultante sobre o objeto, o momento de inércia de um objeto em relação ao eixo de rotação escolhido e sua aceleração angular. Do mesmo modo que a força produz uma aceleração linear, o torque é responsável por produzir uma aceleração angular. O momento de inércia é o equivalente rotacional de massa, o que significa dizer que objetos com momento de inércia grandes apresentam maiores dificuldades quando se tenta produzir variações no seu movimento de rotação. O momento de inércia depende da massa do objeto e da maneira como a massa está distribuída em torno do eixo de rotação considerado.

É possível, ainda, escrever a segunda lei para a dinâmica de rotação como

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad (3)$$

Na equação (3)  $\vec{L}$  é o vetor momento angular, que pode ser pensando como uma análogo do momento linear, apresentado na equação (1). Dito de outro modo, um torque não nulo produz uma variação no momento angular de corpo. A questão, agora, passa a ser a seguinte: como a segunda lei de Newton para a rotação é explorada nos livros didáticos de física do EM? Sobre isso, discutiremos a seguir.

A abordagem mais geral para a segunda lei de Newton, para a compreensão da física de corpos rígidos, está centrada na análise dos casos que envolvem condições de equilíbrio (DOCA, BISCUOLA e VILLAS BÔAS, 2016; FUKUI e VENÊ, 2016; GUIMARÃES, PIQUEIRA e CARRON, 2017; BARRETO FILHO e SILVA, 2016; MÁXIMO, ALVARENGA e GUIMARÃES, 2017; GASPAR, 2017; PIETROCOLA, et al, 2016). As discussões giram em torno das ideias de torque e centro de massa<sup>12</sup>. Em alguns casos (DOCA, BISCUOLA e VILLAS BÔAS, 2016; GUIMARÃES, PIQUEIRA e CARRON, 2017; YAMAMOTO e FUKE, 2017; GASPAR, 2017; BARRETO FILHO e

SILVA, 2016), encontra-se, explicitamente as condições de equilíbrio para um corpo rígido; em linhas gerais, as “condições” podem ser resumidas, como explicitado em Gaspar (2017):

Em síntese, levando-se em conta que um corpo rígido pode se deslocar e girar, pode-se afirmar que ele só estará em equilíbrio quando duas condições estiverem satisfeitas. Primeira condição de equilíbrio: a resultante das forças exercidas sobre ele deve ser nula. Segunda condição de equilíbrio: a soma dos momentos das forças exercidas sobre ele, em relação a qualquer ponto O, deve ser nula. (GASPAR, 2017, p.113).

Como se sabe, a primeira e a segunda condições estão implicadas com alterações no estado de movimento de translação e rotação, respectivamente. No entanto, os autores não exploram a combinação destes movimentos, o que possibilitaria uma compreensão mais aprofundada e mais realista do movimento de um corpo rígido.

Dentre os livros que se teve acesso para esta pesquisa, destaca-se a ampliação da discussão sobre a dinâmica de corpos rígidos apresentada em Gonçalves Filho e Toscano (2016), com algumas páginas dedicadas a considerações sobre o momento de inércia e a quantidade movimento angular. Destaca-se o seguinte trecho:

A massa (m) tem como correspondente a inércia de rotação (I), também denominada momento de inércia. Entretanto, a inércia de rotação não depende

apenas da massa, mas também da distância que a massa está em relação ao eixo de rotação (GONÇALVES FILHO e TOSCANO, p.126).

Em seguida, relaciona força e torque com a quantidade de movimento linear e quantidade movimento angular, respectivamente, apresentando alguns exemplos em que estes conceitos podem ser aplicados. Com relação à forma de abordagem apresentada nas obras que se teve acesso, é importante destacar que a discussão sobre a dinâmica de corpo rígido é ampliada em Gonçalves Filho e Toscano (2016) – ainda que estes autores não tratam de aplicar estes conceitos para compreender a dinâmica de um corpo rígido que translada e rotaciona simultaneamente – por exemplo, não se amplia essa discussão para um tratamento de um objeto em rolamento. Uma discussão dessa natureza poderia incluir o conceito de força, torque ou, ainda, conservação de energia cinética de rolamento para objetos com diferentes momentos de inércia – como exemplo, o movimento de uma esfera, de um cilindro e de uma aro, de mesma massa ( $m$ ) e raio ( $R$ ), abandonados sobre uma rampa de altura  $h$ , que rolam rampa abaixo sem deslizar. Neste caso, a velocidade do centro de massa ( $v_{cm}$ ) obedeceria à relação  $v_{cm} = \sqrt{\frac{2gh}{1+c}}$ , em que  $c$  é uma constante relacionada com o momento de inércia do objeto e depende, portanto, da forma do objeto e da distribuição de massa com relação a um eixo de rotação. À guisa de conclusão, é importante destacar que ausência de discussões mais aprofundadas sobre a dinâmica de corpos rígidos nos livros didáticos não significa, necessariamente, que as mesmas estejam ausentes nas práticas de ensino de física. Uma afirmação dessa natureza demandaria um olhar sobre as práticas, o que não foi feito aqui, constituindo-se em um dos desdobramentos da questão de pesquisa aqui apresentada.

## REFERÊNCIAS

PEREIRA, A. P.; CAVALCANTI, C. J. H; OSTERMANN, E. F. Concepções

relativas à dualidade onda-partícula: uma investigação na formação de professores de Física. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, V.8.n1. (2009).

ANDRADE-NETO, A.V, et al. Rolamento e atrito de rolamento ou por que um corpo que rola pára. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 3, p. 3704-1- 3704-4, 2013.

ARAUJO, I. S; VEIT, E. A. uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004.

ASSIS, A. K. T.; REVANELLI, F. M. M. Reflexões sobre o conceito de centro de gravidade nos livros didáticos. Ciência & Ensino, vol. 2, n. 2, 2008.

BAPTISTA, J.P. Princípios fundamentais ao longo da história da física.

Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 541-553, 2006.

BARCELOS NETO, J. Mecânica Newtoniana, Lagrangiana e Hamiltoniana, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013.

BELLUCO, A.; PESSOA DE CARVALHO, A.M. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.

BEZERRA Jr et al. Videoanálise com o software livre tracker no laboratório didático de física: movimento parabólico e segunda lei de newton. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. especial 1, p. 469-490, 2012.

BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N. ; DOCA, R. H. Física 1, São Paulo:

Saraiva, 2016.

BREITSCHAFT, A.M.S.; BARBOSA, V.C. O teorema dos eixos perpendiculares para um corpo rígido qualquer. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 2, p. 1-5, 2013.

COSTA, S.S.C; MOREIRA, M.A. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 18, n. 3, p. 263-277, 2001.

DELIZOICOV, D. Pesquisa em ensino de ciências como ciências humanas aplicadas. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 21, n. 2, p. 145-175, 2004.

DIAS, P.M.C.  $F=ma$ ?!! O nascimento da lei dinâmica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 205-234, 2013.

FUKUI, A.; VENÊ, M. M. M. (org). Física, 1º ano, São Paulo: Edições SM,2016.

GASPAR, A. Física 1, São Paulo: Ática, 2016.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. Física 1, São Paulo: Leya, 2016. GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. Física 1, São Paulo:Ática, 2013.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A.; HERCOVITZ, V. E. Uma Proposta para o

Ensino de Mecânica Quântica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.123, n. 4, p.444-457, 2001.

KIBBLE, T. W. B. Mecânica clássica, São Paulo: Polígono, 1970. KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas, 9. ed. São Paulo:

Perspectiva, 2006.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; GUIMARÃES, C.C. Física 1, São Paulo:

Scipione, 2017.

MOREIRA, M.M. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas.

Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MONTENEGRO, R. L.; OSVALDO, P. Jr. Interpretações da teoria quântica e as concepções dos alunos do curso de física. Investigações em Ensino de Ciências, v.7, n. 2, p. 107-126, 2002.

NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. Formação da área de ensino de ciências: memórias de pesquisadores no Brasil. Revista Brasileira de Pesquisa em educação em Ciências, v. 4, n. 1, p. 90-100, 2004.

NUSSENZVEIG, M. Física I, São Paulo: Blucher, 2002.

PÁDUA, E. M. M. Metodologia da pesquisa: abordagem teórico-prática, 2. ed. Campinas: Papirus, 1997.

PEREIRA, A. P.; CAVALCANTI, C.J.H.; OSTERMANN, F. Concepções

relativas à dualidade onda-partícula: uma investigação na formação de professores de Física. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v.8, n.1, p. 366-386, 2009.

PESSOA Jr, O. O problema da medição em mecânica quântica: um exame atualizado. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, série 3 (2), p. 177-217, 1992.

PESSOA JR., O. Interferometria, interpretação e intuição: uma introdução conceitual à física quântica. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 27-48, 1997.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o Ensino Médio? Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n. 1, p. 7-34 ,1999.

TEIXEIRA, E.S; PEDUZZI, L. O. Q; FREIRE Jr., O. Os caminhos de Newton

para a Gravitação Universal: Uma revisão do debate historiográfico entre Cohen e Westfall. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, n. 2, p. 215-254, 2010.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 9, n. 3, p. 209-214 ,1992.

XAVIER, C.; BARRETO, B. Física. Volume 1, São Paulo: FTD, 2016. PIETROCOLA, M. et al. Física 1, São Paulo: Editora do Brasil, 2016. PRIGOGINE, I.O fim das certezas, São Paulo: Editora da UNESP, 2012. YAMAMOTO, K.; FUKE, L. F. Física 1, São Paulo: Saraiva, 2017.

# Capítulo 14



10.37423/230607849

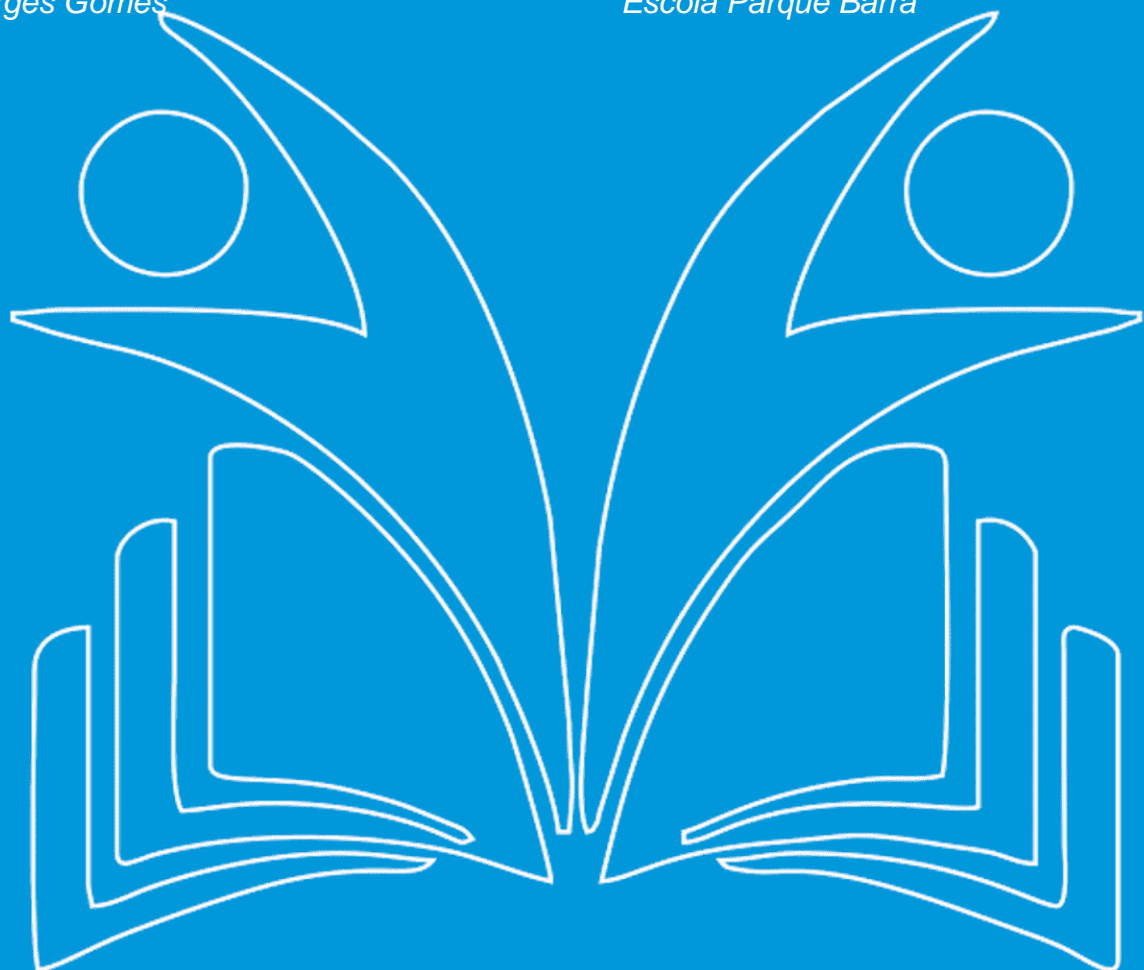
## A INTRODUÇÃO DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DE SIMULADORES COMPUTACIONAIS DIDÁTICOS: UMA PERSPECTIVA NEUROCIENTÍFICA

*Milton Alves Gonçalves Junior*

*Polo Educacional Sesc*

*Mônica Borges Gomes*

*Escola Parque Barra*



**Resumo:** *Este trabalho tem como objetivo apresentar uma perspectiva neurocientífica para a introdução de conceitos de física moderna no ensino médio, considerados abstratos e complexos, através de simuladores computacionais didáticos. É apresentada uma revisão bibliográfica sobre o uso de simuladores no ensino de física e de estudos em neurociências com ênfase em aprendizagem. O viés neurocientífico na utilização de simuladores computacionais didáticos vai de encontro à possibilidade de realização de uma experiência multissensorial durante a operação de dispositivos eletrônicos e da interação com o simulador. O manuseio desses dispositivos, bem como a configuração de parâmetros e a execução de comandos exigem movimentação e controle do dispositivo, num esquema de retroalimentação em função dos desdobramentos monitorados no simulador. Assim como o tato, visão e audição são os outros sentidos mais comumente mobilizados na realização de uma experiência virtual. As realizações de práticas experimentais virtuais normalmente são baseadas em teorias de aprendizagem. Aqui, entretanto, é sugerida um deslocamento do referencial teórico para as neurociências, tendo em vista os seus avanços recentes e a possível identificação de estruturas e mecanismos associadas à aprendizagem com os seus respectivos correlatos neurais. A experiência virtual descrita no presente trabalho é uma alternativa viável à realização do experimento real para o estudo do fenômeno em questão. A “visualização” de fótons e elétrons e a possibilidade de alteração de propriedades de entes físicos através da configuração do programa ajudam na internalização dos modelos, na correlação entre as grandezas e conclusões do experimento. Os recursos tecnológicos também promovem motivação e engajamento dos estudantes, sem que esses aspectos sejam prejudicados pela não utilização de um aparato experimental físico.*

**Palavras-chave:** Neurociências e aprendizagem, simuladores computacionais didáticos, efeito fotoelétrico.

## INTRODUÇÃO

Dos desafios que se apresentam ao ensino de Física no ensino médio, a falta de interesse dos alunos talvez seja um dos maiores. Conceitos tradicionalmente difíceis de serem explicados, aulas meramente expositivas e a passividade do estudante diante do processo de ensino-aprendizagem são fatores que contribuem negativamente nesse sentido. Além disso, uma reclamação recorrente é a presença de cálculos fundamentais para análises quantitativas. É quase uma lei: quem tem dificuldades em matemática ou simplesmente não gosta dessa disciplina, fatalmente apresentará certo grau de resistência à disciplina de Física. Para aproximar o estudante e conscientizá-lo da importância de fenômenos naturais para a sua formação, é necessária a implementação de estratégias educacionais diferenciadas e a diversificação dos recursos didáticos disponíveis. Desta forma, a elaboração e execução de atividades práticas, que permitam a interação entre o estudante e o objeto de estudo, podem auxiliar na mudança da situação, na “virada do jogo”.

Em [1] é apresentada uma sequência de atividades bem detalhada, baseada no uso de simuladores computacionais para o ensino do efeito fotoelétrico. No presente trabalho, entretanto, o referencial teórico é deslocado do campo das teorias de aprendizagem cognitivistas [2] para algo mais essencial, para a base neurocientífica que dá suporte a elas. É possível relacionar o desencadeamento de processos mentais e o próprio desenvolvimento cognitivo à composição química de neurônios, como a produção de proteínas ou a falta de íons fundamentais para a produção e propagação de sinais elétricos em função de subnutrição. Evidenciando, portanto, a compatibilidade entre as teorias de aprendizagem e as neurociências.

A teoria da aprendizagem significativa elaborada por David Ausubel estabelece que a aprendizagem só ocorre quando o novo conhecimento é ancorado em conhecimentos já existentes. Os conhecimentos prévios (ou subsunçores) correspondem a todo conhecimento que o aprendiz já possui bem sedimentados, corretos ou não, mas que são fundamentais como suporte (ponto de ancoragem) e para dar sentido ao novo conhecimento adquirido, valorizando dessa forma, a formação pregressa do estudante. Portanto, para Ausubel, há uma estrutura cognitiva responsável pela organização e integração das ideias de um indivíduo em uma área específica pelo conhecimento [2]. Dois aspectos apresentados até aqui são extremamente relevantes. O primeiro diz respeito ao fato de que o aluno e toda a bagagem cultural que traz consigo são centrais no processo de ensino-aprendizagem e não devem, de maneira alguma, ser ignorados pelo professor. A interação entre a nova informação e os subsunçores vai resultar na assimilação da nova informação ou na reestruturação do conhecimento já

existente. O outro é relativo ao papel do professor, no sentido de criar ambientes e estratégias que sejam intrinsecamente motivadoras para o aluno. É fácil perceber uma relação direta entre subsunçores e a formação/evocação de memória [3], [4], ressaltando o seu papel na aprendizagem. Bem como as funções da memória de trabalho e da memória de longo prazo na interação entre a nova informação e o conhecimento preexistente. Sobre a criação estratégias motivadoras, a utilização de simuladores didáticos computacionais seria uma delas. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel é a fundamentação teórica para muitas atividades pedagógicas que levam em conta a utilização de simuladores didáticos computacionais no ensino de Física. Trabalhos de qualidade e bem embasados na teoria em questão podem ser encontrado em [1] e [5].

### ATIVIDADES PRÁTICAS E NEUROCIÊNCIAS

As atividades práticas podem ser compreendidas como qualquer atividade em que o aluno esteja envolvido de maneira ativa: atividades interativas realizadas com o computador, construção de tabelas e gráficos, análise de dados, elaboração de hipótese e proposição de modelos, pesquisas bibliográficas e entrevistas. Dessa forma, atividades experimentais, que requerem a manipulação de equipamentos e instrumentos de medição em um laboratório, a simples “quebra” de rotina com a troca de ambiente, a movimentação, a possibilidade de vestir um jaleco e de se ver mais próximo de um cientista podem produzir um efeito surpreendentemente efetivo em termos de motivação. Se não pela disciplina de Física, pela atividade experimental inerente às Ciências Naturais. Além de fomentar a curiosidade e o prazer pela investigação. Uma abordagem mais fenomenológica também pode fazer com que os estudantes mais resistentes criem alguma afinidade a partir da experiência. Lembrando que não basta ter um laboratório bem equipado. Uma boa proposta é fundamental para a aproximação do saber científico aos estudantes através da relação entre teoria e prática e considerando o conhecimento preexistente [6].

De outro lado, temos as novas tecnologias cada vez mais presentes nas escolas. Os avanços tecnológicos, a crescente preocupação sobre a importância da democratização da internet e o acesso à computadores e dispositivos móveis como tablets e smartphones, tem ampliado as possibilidades de adoção de estratégias pedagógicas e de novas práticas, de maior viabilidade que a construção e manutenção de um laboratório físico, por exemplo. Nesse contexto, a utilização de simuladores didáticos computacionais pode ser o caminho. Os simuladores computacionais são programas escritos em linguagem de programação específica (JAVA, html, *Flash* etc) para a reprodução de fenômenos físicos. A programação é baseada em modelos físicos que, se de um lado pode limitar a compreensão

mais completa do fenômeno (raramente esse é o objetivo), por outro, permite a visualização de fenômenos microscópicos, configuração de parâmetros, manipulação e a verificação da relação entre variáveis de forma interativa, bem como a redução substancial do risco de acidentes.

O levantamento realizado em [7] apresenta o crescente número de experimentos virtuais, voltados para o ensino de Física, publicados entre 2004 a 2015. A análise foi baseada particularmente nos anais dos seguintes eventos: SNEF (Simpósio Nacional de Ensino de Física), EPEF (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física) e ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências), que são encontros que envolvem estudantes de graduação de pós-graduação, professores de ensino médio, professores universitários, pesquisadores em educação e demais integrantes da comunidade científica interessados em ensino. São congressos consagrados e de grande relevância para formação e troca de experiências e de crescente visibilidade no cenário nacional. Foram 346 publicações dentre comunicações orais relacionadas ao uso de TIC (Tecnologias da Informação e Computação) publicadas nos anais dos eventos, artigos que enfocavam o uso de TIC no ensino de Física e aqueles que exploravam o Ensino de Física por meio das TIC. A elevada quantidade de publicações sobre o tema (34,6 em média por ano) revelam a tendência de utilização de TIC nas salas de aula espalhadas pelo Brasil. É provável, entretanto, que um número muito maior de experiências estejam sendo realizadas, mas que não chegam aos congressos, não ganham a devida visibilidade e acabam não sendo compartilhados, devido a ainda baixa participação percentual de professores de Física de ensino médio nesses eventos.

O trabalho ainda trata da classificação dos laboratórios e experimentos virtuais como laboratórios multimídia, laboratórios de realidade virtual e laboratórios de realidade aumentada. A utilização de simuladores didáticos computacionais pertence ao conjunto de atividades realizadas em laboratórios multimídias, cuja definição pode ser atribuída a uma categoria de apoio ao aprendizado, de acesso fácil e amplo, com a presença de sons, textos, animações, vídeos e imagens, a fim de promover uma exposição favorável e didática de um conteúdo. Nesse sentido, o viés neurocientífico na utilização de simuladores computacionais didáticos vai de encontro à possibilidade de realização de uma experiência multissensorial durante a operação de dispositivos eletrônicos e da interação com o simulador. O manuseio prazeroso pela investigação. Uma abordagem mais fenomenológica também pode fazer com que os estudantes mais resistentes criem alguma afinidade a partir da experiência. Lembrando que não basta ter um laboratório bem equipado. Uma boa proposta é fundamental para

a aproximação do saber científico aos estudantes através da relação entre teoria e prática e considerando o conhecimento preexistente [6].

De outro lado, temos as novas tecnologias cada vez mais presentes nas escolas. Os avanços tecnológicos, a crescente preocupação sobre a importância da democratização da internet e o acesso à computadores e dispositivos móveis como tablets e smartphones, tem ampliado as possibilidades de adoção de estratégias pedagógicas e de novas práticas, de maior viabilidade que a construção e manutenção de um laboratório físico, por exemplo. Nesse contexto, a utilização de simuladores didáticos computacionais pode ser o caminho. Os simuladores computacionais são programas escritos em linguagem de programação específica (JAVA, html, *Flash* etc) para a reprodução de fenômenos físicos. A programação é baseada em modelos físicos que, se de um lado pode limitar a compreensão mais completa do fenômeno (raramente esse é o objetivo), por outro, permite a visualização de fenômenos microscópicos, configuração de parâmetros, manipulação e a verificação da relação entre variáveis de forma interativa, bem como a redução substancial do risco de acidentes.

O levantamento realizado em [7] apresenta o crescente número de experimentos virtuais, voltados para o ensino de Física, publicados entre 2004 a 2015. A análise foi baseada particularmente nos anais dos seguintes eventos: SNEF (Simpósio Nacional de Ensino de Física), EPEF (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física) e ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências), que são encontros que envolvem estudantes de graduação de pós-graduação, professores de ensino médio, professores universitários, pesquisadores em educação e demais integrantes da comunidade científica interessados em ensino. São congressos consagrados e de grande relevância para formação e troca de experiências e de crescente visibilidade no cenário nacional. Foram 346 publicações dentre comunicações orais relacionadas ao uso de TIC (Tecnologias da Informação e Computação) publicadas nos anais dos eventos, artigos que enfocavam o uso de TIC no ensino de Física e aqueles que exploravam o Ensino de Física por meio das TIC. A elevada quantidade de publicações sobre o tema (34,6 em média por ano) revelam a tendência de utilização de TIC nas salas de aula espalhadas pelo Brasil. É provável, entretanto, que um número muito maior de experiências estejam sendo realizadas, mas que não chegam aos congressos, não ganham a devida visibilidade e acabam não sendo compartilhados, devido a ainda baixa participação percentual de professores de Física de ensino médio nesses eventos.

O trabalho ainda trata da classificação dos laboratórios e experimentos virtuais como laboratórios multimídia, laboratórios de realidade virtual e laboratórios de realidade aumentada. A utilização de

simuladores didáticos computacionais pertence ao conjunto de atividades realizadas em laboratórios multimídias, cuja definição pode ser atribuída a uma categoria de apoio ao aprendizado, de acesso fácil e amplo, com a presença de sons, textos, animações, vídeos e imagens, a fim de promover uma exposição favorável e didática de um conteúdo. Nesse sentido, o viés neurocientífico na utilização de simuladores computacionais didáticos vai de encontro à possibilidade de realização de uma experiência multissensorial durante a operação de dispositivos eletrônicos e da interação com o simulador. O manuseio desses dispositivos, bem como a configuração de parâmetros e a execução de comandos exigem movimentação e controle do dispositivo, num esquema de retroalimentação em função dos desdobramentos monitorados no simulador. Assim como o tato, visão e audição são os outros sentidos mais comumente mobilizados na realização de uma experiência virtual. Dependendo da proposta e da abordagem, o estudante tem a chance de observar o fenômeno, ajustar parâmetros, monitorar informações, levantar dados e organizá-los em uma tabela ou gráfico, responder perguntas sobre a experiência, elaborar relatórios, reproduzir a experiência, correlacionar variáveis etc. A ativação de neurônios simultaneamente por vários dendritos, em função de estímulos sensoriais recebidos por diferentes canais, podem fazer com que eles disparem juntos melhorando a qualidade do sinal elétrico conduzido e, conseqüentemente, reforçando as informações propagadas pelo sistema nervoso. Além de favorecer a formação de memória, primordial para a aprendizagem e construção do conhecimento.

A exigência operacional das atividades práticas pode ampliar a capacidade perceptiva dos estudantes. Porém, o simples fato dos estudantes acompanharem visualmente a tela enquanto o professor manuseia o equipamento/simulador, produz uma oportunidade diferenciada de aprendizagem conhecida como aprendizagem observacional. Em função da utilização de dispositivos amigáveis (considerando o apelo tecnológico) e da observação, existe uma tendência do estudante em reproduzir, numa tentativa às vezes inconsciente de imitação, os procedimentos realizados pelo professor durante a demonstração. O estudante constrói memórias auditivas e visuais que dão suporte à realização da experiência virtual.

A ativação de neurônios diante da realização de uma tarefa específica pode ser verificada a partir de registro elétricos do cérebro, através de técnicas de imageamento. Em um trabalho seminal [6], foi realizado um estudo com o objetivo de verificar as relações entre atividades práticas experimentais e a atividade cerebral, a multissensorialidade das atividades práticas e a formação de memória e quantidade de áreas ativadas e a aprendizagem. Foi feito o monitoramento da atividade cerebral com

*Emotiv Epoc*, realizada a partir da variação no fluxo sanguíneo, de 3 estudantes colaboradores, de 13 anos de idade. A idade escolhida foi devida à maturidade cerebral. Eles realizaram 3 atividades pedagógicas. Na atividade denominada *observa*, eles precisavam observar um experimento realizado por uma professora. Na segunda atividade, *executa*, eles precisavam realizar o experimento realizado anteriormente pela professora. E na última atividade, *observa novamente*, eles precisavam observar a professora realizando o experimento já realizado pela própria professora e por eles, mais uma vez. Foram analisados 168 canais para cada situação pedagógica. Em síntese, durante as atividades *observa* e *executa*, a maior parte dos canais ativados estava no hemisfério direito. O lobo frontal foi o mais ativado, seguido do lobo temporal. Na atividade *observa novamente*, a quantidade de canais ativados caiu drasticamente. Entretanto, o lobo frontal foi o mais ativado novamente, seguido do temporal.

A queda na quantidade de canais ativados na última atividade pode ser associada à falta de motivação decorrente de uma atividade já conhecida, que já não representa um desafio e que exige menos mobilização das funções executivas. Assim como a maior ativação do lobo frontal durante a atividade *executa* pode estar relacionada à necessidade de mais esforços cognitivos dos mecanismos atencionais. Apesar das atividades propostas nesse estudo serem referentes aos experimentos físicos, diante das semelhanças aqui apresentadas, as conclusões poderiam ser estendidas aos experimentos virtuais. Em caso de distúrbios de aprendizagem como dislexia ou discalculia, em que não há comprometimento intelectual, a utilização de simuladores computacionais didáticos também pode ser considerada uma boa alternativa.

Por tudo o que foi apresentado até o momento, os simuladores computacionais didáticos são ferramentas poderosas e uma excelente alternativa no processo de ensino-aprendizagem de conceitos mais abstratos. Neste trabalho é apresentada uma estratégia para introduzir alguns elementos primordiais para uma futura compreensão da mecânica quântica, como a dualidade onda-partícula, a quantização da energia e a idéia de quantum/fóton e o efeito fotoelétrico.

## DESCRIÇÃO DAS AULAS

A atividade foi realizada nas 11 turmas de 1ª série da Escola SESC de Ensino Médio no ano de 2017, em 3 aulas consecutivas de 45 minutos cada. Porém, antes da primeira aula, os estudantes foram orientados a fazer *download* do simulador Efeito Fotoelétrico [8].

Como a Escola disponibiliza rede *wi-fi* e cada estudante dispõe de um *laptop*, que é fornecido pela própria instituição, isso possibilita a realização de tarefas digitais/*on-line* com mais facilidade. Sendo

assim, na primeira aula, foram apresentadas opções de configurações e comandos para o simulador e, a partir deles, fazer observações. Também eram fornecidas definições, por exemplo, de emissor e coletor de elétrons, submúltiplos de escala de comprimento (nanômetro, micrômetro), e notas que auxiliavam nas conclusões. Previamente havia sido feita uma discussão sobre a natureza da luz, em que as concepções ondulatória e corpuscular eram apresentadas numa perspectiva histórica. Já que os estudantes não tinham visto o conteúdo de ondas, também foram apresentados, ainda na primeira parte, alguns elementos através de outro simulador manipulado pelo professor [9].

Ao final da segunda aula, o professor, juntamente com a turma, fez a sistematização dos conteúdos trabalhados na atividade do simulador e a resolução de exercícios sobre efeito fotoelétrico. A expectativa era que os estudantes percebessem que, de maneira qualitativa, a energia dos fótons emitidos pela fonte luminosa é proporcional a frequência da onda e que a constante de proporcionalidade é a constante de Planck. Também foi possível perceber que a energia de cada fóton não dependem da intensidade da luz. Ou seja, se não há a ejeção de elétrons do material alvo diante da luz incidente, a variação da intensidade luminosa não altera essa condição. Por outro lado, uma vez a energia do fóton é suficiente para produzir corrente elétrica, o aumento de intensidade luminosa faz com que mais elétrons sejam ejetados, aumentando a corrente elétrica no circuito. O conceito de função trabalho surgiu da necessidade de compreender o por quê da ejeção de elétrons acontecer com um material e não com outro, para luz de mesma frequência.

Na terceira aula foi exibido um vídeo sobre dualidade onda-partícula [10], que apresentam as ideias desenvolvidas na experiência virtual. Na sequência, foi aplicada uma breve avaliação individual sobre o assunto estudado, que deveria ser realizada nos 10 minutos finais.

**Figura 01:** Modelo de avaliação individual aplicada ao final da atividade

**Questão 01)** (1,0 por item – total 8,0 pontos)

Com base no que você aprendeu sobre Efeito Fotoelétrico, marque (V) para as afirmativas verdadeiras ou (F) para as afirmativas falsas:

- ( ) A ejeção de elétrons de seus átomos de origem através da incidência de luz é um fenômeno conhecido como Dualidade Onda-Partícula.
- ( ) O Efeito Fotoelétrico só pode ser explicado através da teoria corpuscular da luz.
- ( ) A energia de um fotoelétron retirado de uma placa metálica depende do comprimento de onda da radiação incidente sobre a placa.
- ( ) Fóton é um pacote de energia modelado como uma partícula de onda.
- ( ) A energia transportada por um fóton é diretamente proporcional à intensidade da onda luminosa associada.
- ( ) O exclusivo aumento da frequência de luz incidente sobre uma placa metálica pode fazer com que elétrons da placa sejam ejetados.
- ( ) A intensidade da luz representa a amplitude da onda (teoria ondulatória) ou a quantidade de fótons (teoria corpuscular) emitidos pela fonte luminosa.
- ( ) Comprimento de onda e frequência são grandezas diretamente proporcionais.

**Questão 02)** (1,0 por item – 2,0 pontos)

A incidência de luz violeta de comprimento  $\lambda = 600 \text{ nm}$  ( $6,0 \times 10^{-7} \text{ m}$ ) é capaz de ejetar elétrons de uma placa de cálcio. Determine:

a) a frequência da luz violeta

b) A energia do fóton associado

--	--

Considere:  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$  e  $h = 4,0 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$

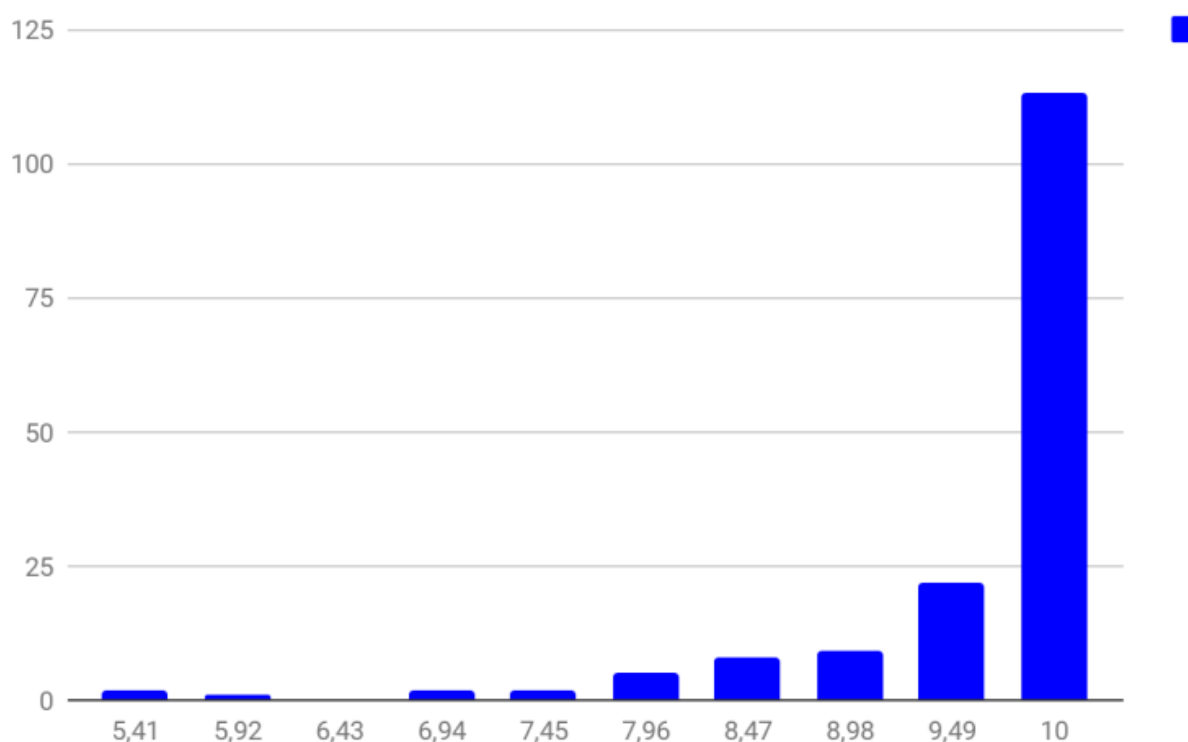
## RESULTADOS

Apesar da complexidade do tema abordado, os estudantes desenvolveram toda a atividade com bastante interesse e curiosidade. Além das configurações e observações propostas, eles foram além

na alteração de parâmetros e propriedades físicas e trouxeram outras questões para o debate, o que enriqueceu as aulas.

Os simuladores computacionais utilizados se mostraram ótimas ferramentas para o trabalho proposto em função da ludicidade característica desse recurso, da grande possibilidade de interação e da boa representação dos modelos físicos.

**Figura 02:** Gráfico de desempenho dos estudantes na avaliação



De 164 estudantes da segunda série, apenas 3% ficaram com notas abaixo de 7,0, que é a média da Escola. A maior quantidade de erros foi verificada na questão discursiva, uma questão direta, mas que envolvia a operação de potências de 10 e notação científicas. O resultado serviu de subsídios aos professores para a elaboração de ações específicas para os alunos com esse tipo de dificuldade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentada uma perspectiva neurocientífica na utilização de simuladores computacionais em aulas de Física do ensino médio. Diante do desafio estabelecido, os avanços em pesquisas em neurociências e a melhor compreensão de funcionamento do sistema nervoso, alavancadas por técnicas de imageamento, fornecem contribuições extremamente relevantes para a elaboração de estratégias educacionais que favoreçam o processo de ensino-aprendizagem.

Muitos trabalhos científicos, que investigam a utilização de simuladores computacionais didáticos, possuem o seu alicerce teórico em teorias de aprendizagem cognitivistas. Tais teorias são reforçadas pelas descobertas em neurociências permitindo, inclusive, a identificação de correlatos neurais de conceitos e estruturas fundamentais dessas teorias.

A crescente utilização dos simuladores computacionais em sala de aula para o ensino de Física (e de Ciências, de uma maneira geral) e estudos realizados evidenciam o potencial dessa ferramenta como agente motivador e como facilitador na compreensão de fenômenos complexos, o que pode ser comprovado através de relatos de professores, de resultados publicados em revistas científicas e anais de congresso e, mais recentemente, da verificação de ativação de áreas específicas do córtex a partir do monitoramento cerebral durante a realização de atividades práticas.

A experiência virtual a partir do simulador utilizado é uma alternativa viável à realização do experimento real para o estudo do fenômeno em questão. A “visualização” de fótons e elétrons e a possibilidade de alteração de propriedades de entes físicos através da configuração do programa ajudam na internalização dos modelos, na correlação entre as grandezas e conclusões do experimento. Os recursos tecnológicos também promovem motivação e engajamento dos estudantes, sem que esses aspectos sejam prejudicados pela não utilização de um aparato experimental físico.

## REFERÊNCIAS

- [1] 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. 2012, v. 29, n. Especial 2: pp. 891-934.
- [2] MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem. 2 ed. ampli. São Paulo: E. P. U., 2015.
- [3] IZQUIERDO, I. Memória. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- [4] COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. Neurociência e Educação: como o cérebro aprende. 1a. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- [5] FILHO, G. F. S. Simuladores Computacionais para o Ensino de Física Básica: Uma Discussão sobre Produção e Uso. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2010.
- [6] SILVA, I. P.; SILVA, A. T. M. O Tema “Experimentos Virtuais” Nos Anais Dos Eventos Brasileiros De Ensino De Física (2005 – 2014). Revista de Ensino de Ciências e Matemática. v.8, n.1, p.137-154, 2017.
- [7] Maiato, A. M. Neurociências e Aprendizagem: O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Programa de Pós Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2013.
- [8] PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder - Efeito Fotoelétrico. Disponível em ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric)).
- [9] PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder - Onda em uma corda. Disponível em (<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/wave-on-a-string>).
- [10] Vídeo pertencente a uma série didática produzida para a TV educativa pública da província de Ontário, no Canadá, a TVO, em 1984. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=-ceQ42fF9o8>.
- [11] KANDEL, Eric R. Princípios da Neurociência. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.
- [12] LENT, R. Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2010.
- [13] MIGLIORI, R. Neurociências e Educação. 1 ed. São Paulo: Brasil Sustentável Editora, 2013.

# Capítulo 15



10.37423/230607850

## OSCILADOR HARMÔNICO VIA MECÂNICA MATRICIAL DE HEISENBERG: UMA PROPOSTA PARA A GRADUAÇÃO

*Celio Marques*

*Instituto Federal de Ciência e Tecnologia*

*Gilmar de Souza Dias*

*Instituto Federal de Ciência e Tecnologia*

*Ozeias Maurício Pereira*

*Projeto Social MIEDC*

*Thiago Luiz Antonacci Oakes*

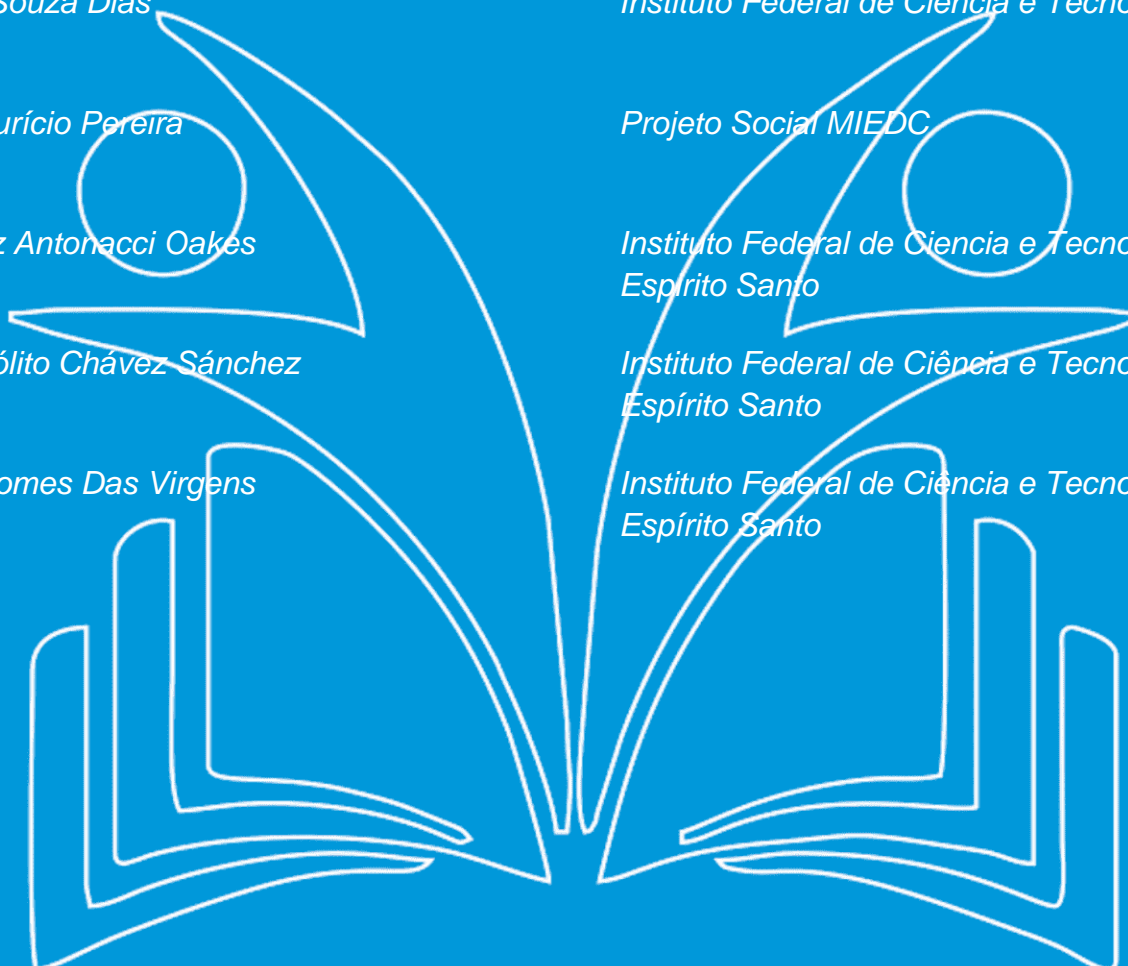
*Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do  
Espírito Santo*

*Helder Hipólito Chávez Sánchez*

*Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do  
Espírito Santo*

*Mauricio Gomes Das Virgens*

*Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do  
Espírito Santo*



Resumo: O protótipo mais simples para compreensão de sistemas Físicos que se regeneram após uma perturbação imposta à eles é o Oscilador Harmônico Simples(OHS). Compreende-se, que devido à imposição de que a força perturbativa seja pequena comparativamente à outras forças de coesão do próprio sistema, a lei de Hooke provê uma descrição das oscilações , isto é do movimento periódico do sistema. Com efeito, situações de interesse desde a mecânica celeste às oscilações nucleares, podem ser reduzidas a um tipo  $kx$ , onde o  $k$  se especifica pelo sistema analisado. Isto confere ao OHS uma generalidade muito grande, sendo este uma aproximação bastante utilizada na compreensão da estabilidade da natureza e das suas leis. Neste trabalho, pretende-se resgatar uma abordagem do OHS no contexto da mecânica Quântica pré-Schroedinger, resgatando aqui as idéias centrais embutidas no constructo da mecânica quântica matricial formulada por Heisenberg, Born e Jordan. De fato, esta construção ocorreu antes do surgimento da Equação de Schroedinger em 1925. Pretende aqui, passar aos Professores e Estudantes de graduação da Física e áreas de interesse, um guia o mais intuitivo possível pelas idéias que levaram ao desenvolvimento da teoria quântica matricial formulada pelos três Senhores elencados, sobretudo entre os anos de 1910 à 1925.

PACS numbers: 11.30.Cp, 12.20.-m, 12.60.-i

## 1. INTRODUÇÃO: ERA PRÉ MECÂNICA QUÂNTICA

Os alto-fornos siderúrgicos são antigos conhecidos da Humanidade. Seu surgimento provavelmente remonta à idade do Bronze, iniciada à cerca de 3300 anos no Oriente Médio. Entretanto, foi somente com a revolução industrial iniciada na Europa do Sec. 18 que estes foram aliados à uma busca de compreensões mais fundamentais da natureza. De fato, os fornos siderúrgicos abriram caminhos não somente para industrialização, como também para o entendimento da interação entre a luz e a matéria, i.e, entre o campo de radiação e os átomos da matéria. Um dos desafios desta época, por volta dos anos 1850, era com respeito à compreensão da chamada curva de radiação espectral obtida de metais incandescentes, derretidos à altas temperaturas especificamente no interior dos fornos herméticos da siderurgia. Medições desta curva - que é essencialmente a potência irradiada para cada frequência da luz emitida pelo metal fundente - quando, decomposta por prismas adequados, permitiu realizar a medição acurada desta potência irradiada para vários comprimentos de onda e isto durante quase um século! como dissemos, separando-se à luz emitida pelos metais derretidos através de prismas adequados e daí medindo-se a potência irradiada para cada comprimento de onda, observa-se que tanto para baixas frequências quanto para altas frequências, esta curva tende para zero, passando por um valor máximo em alguma frequência  $f_T$  cuja dependência com a temperatura pode ser estabelecida empiricamente. Esta curva experimental apresenta-se muito diferente do que se espera pela aplicação das Equações de Maxwell à radiação emitida vinda do interior dos fornos, assim como também de qualquer modelo termodinâmico que se utilize em conjunto com argumentos de física clássica ou eletromagnetismo clássico. De fato, a física clássica não prediz o valor de frequência  $f_T$ , estabelecendo erradamente que a radiação aumenta indefinidamente com o aumento da frequência. Este fato ficou conhecido como catástrofe do Ultravioleta, sendo esta a frequência limítrofe mais alta do espectro eletromagnético.

Desta forma, o modo como a energia da radiação eletromagnética se distribui para os diferentes comprimentos de onda ou equivalentemente para diferentes frequências observadas pela decomposição da Luz tornou-se um dos problemas mais desafiadores da Física de meados do Sec. 19 e início do século 20. Foi então, que uma hipótese revolucionária e totalmente fora da caixa da Física Clássica foi formulada por Max Planck em 1900 e afirmava que a energia da radiação era na verdade composta por múltiplos inteiros de uma quantidade de energia mínima  $E$  para cada frequência  $f$  e devia ser proporcional à esta de maneira linear. Esta hipótese ajustou de forma perfeita os dados experimentais, i.e, a curva de radiação espectral coletadas durante quase um século! Desde as

medidas iniciais com os fornos siderúrgicos, até experimentos mais sofisticados com plasma de gases incandescentes também realizados naquela época. Continuando nesta linha histórica, em 1905, Albert Einstein, usando a mesma hipótese de quantização da energia do campo eletromagnético feita por Planck, explica em poucas linhas o então enigmático efeito fotoelétrico descoberto por Hertz por volta de 1900. O efeito Fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por um folha metálica, quando iluminada, ainda que tenuemente por uma luz, cuja frequência esteja acima de uma frequência mínima, característica de cada metal específico. É um fenômeno totalmente independente e diverso daquele ocorrido nos fornos e nas lâmpadas halógenas. Neste trabalho de 1905, Einstein propõe que a constante de proporcionalidade entre a energia e a frequência ( $f$ ), tem dimensão de momento angular assim como a constante proposta por Planck  $h$ , propôs ainda que esta hipótese pode explicar este novo mistério, representado pelo efeito relatado por Hertz, então ainda recente. Assumindo que a quantidade de emissões de energia em cada frequência é sempre uma quantidade inteira de  $hf$  é possível dizer que cada metal libera seus elétrons após vencer um potencial aprisionante ( $V_0$ ) devido a estrutura[4]. Sendo assim, a energia cinética dos elétrons emitidos

é a diferença entre  $hf$ , i.e a energia da radiação, subtraída da energia requerida para vencer  $V_0$ ,  $eV_0$ , onde  $e$  é a carga elementar. Como sabemos, isto explica também de maneira formidável os dados coletados sobre o efeito fotoelétrico, realizados por Hertz. Na sequência, o fato de a constante  $h$  ser medida com unidades de momento angular, levou em 1913 à uma hipótese, agora formulada por Niels Bohr, de que, no átomo, o momento angular dos elétrons também deve ser múltiplo inteiro desta constante. A mesma constante  $h$  de Planck[1]. Esta hipótese adicional explicou as raias espectrais observadas de maneira perfeita para o átomo de hidrogênio 5 anos antes, em 1908 com experimentos feitos por Pashen, quando este, ionizando o Hidrogênio por descargas elétricas em alta voltagem e separando a luz com redes de difração, observou com sucesso as Vemos portanto nessa breve linha histórica, que a hipótese da quantização de Planck demonstrou que numa escala microscópica, uma mecânica deve ser formulada em termos de uma nova escala para energia e momento, definida pelo valor da constante que, como vimos, hoje leva seu nome. As grandezas físicas medidas devem agora ser descritas em termos de uma absorção quantizada ou seja, múltipla inteira de alguma quantidade, em princípio definida, estabelecida por este "novo" número fundamental da natureza: a constante  $h$ . Devido à novidade desta mecânica de grandezas quantizadas, que precisava ser formulada no mundo micro, vários pensadores se ergueram neste época. Dentre eles Werner Heisenberg. Trabalhando independentemente por alguns anos, Ele foi capaz de formular os resultados anteriores de uma forma bastante interessante e mais tarde, juntamente com Max Born e Pascual Jordan, eles foram capazes

de mostrar Heisenberg, Born e Jordan e deu origem à uma formulação da mecânica quântica ainda bastante atual, embora pouco difundida. Esta proposta é anterior à formulação de Schroedinger de 1925, porém devido à sua relativa complexidade foi relegada ao esquecimento nos currículos da formação em Física. Nota-se nos currículos de Física, uma ausência quase total de referência à estas idéias no seu contexto original. Neste caso, este trabalho busca preencher um pouco esta lacuna, dando ao leitor um vislumbre do grande legado deixado por Heisenberg e seus colaboradores no contexto da teoria quântica da interação da radiação eletromagnética com a matéria. O leitor interessado em aprofundar mais no desenvolvimento formal a partir dos artigos originais encontra uma excelente referência no livro [1] e em [2].

## 2. A AÇÃO COMO UMA ÁREA NO ESPAÇO DE FASE

Muito da teoria quântica atual, se desenvolveu através de relações empíricas coletadas ao longo dos anos de 1820 à 1900, com o intuito puro e simples de se compreender a emissão de radiação por ligas retidas nos fornos siderúrgicos ou através de descargas elétricas em lâmpadas de determinados gases em estudo, como por exemplo o Hidrogênio. Uma destas relações é conhecida como a série de Balmer, que relaciona o comprimento de onda emitido pelos átomos de Hidrogênio quando excitados por descargas elétricas com os números inteiros. Esta relação empírica é dada por:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (1)$$

A partir desta expressão é possível perceber uma espécie de "coincidência" matemática que ficara conhecido como Princípio de combinação de Rydberg-Ritz tendo sido descoberto empiricamente sendo observado em expressões como a série de Balmer. Este princípio estabelece que duas frequências relativas a duas transições  $m \rightarrow n$  e  $n \rightarrow k$  é equivalente à uma transição direta de  $m \rightarrow k$ . Lembrando que  $\omega = \frac{2\pi c}{\lambda}$ , observe:

$$\omega_{mn} + \omega_{nk} = 2\pi c R_H \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) + 2\pi c R_H \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \omega_{mk} \quad (2)$$

Alguns anos mais tarde, em 1913 Niels Bohr propõe que:

$$\omega_{mn} = \frac{E_m - E_n}{\hbar} \quad (3)$$

Expressão obedecendo o princípio da combinação de Rydberg-Ritz. É conhecido que podemos expressar o período de um movimento sujeito à um potencial  $V(x)$ , realizando uma manipulação algébrica sobre a expressão da conservação da energia. De fato, dado que:

$$\frac{mv^2}{2} + V(x) = E \quad (4)$$

Temos que:

$$dt = \int \frac{dx}{\sqrt{\frac{2}{m}(E - V(x))}} \quad (5)$$

Se o potencial  $V(x)$  é tal que a partícula fica "ligada" isto é, apresenta um movimento periódico de período  $T$ : Temos que:

$$S = \oint p dq = \oint mv_x dx \quad (7)$$

Onde a integral fechada é sobre uma curva neste plano cartesiano, chamado espaço de fase. Considere-mos agora que esta área  $S$  é função da Energia  $E$  e do potencial  $V(x)$ . Com efeito:

$$v_x = \sqrt{\frac{2}{m}(E - V(x))} \quad (8)$$

Pondo este fato na equação de  $S$ , temos:

$$S = \oint m \sqrt{\frac{2}{m}(E - V(x))} dx \quad (9)$$

À qual, quando derivada em relação à energia  $E$  do sistema reobtemos uma expressão idêntica à do período  $T$  obtida da conservação da energia. De fato:

$$\frac{dS}{dE} = \oint \frac{dx}{\sqrt{\frac{2}{m}(E - V(x))}} = T \quad (10)$$

Esta igualdade obtida entre um gradiente em relação à energia no espaço de fase e uma expressão para o período do movimento obtida da conservação da energia provavelmente tenha motivado Heisenberg a no tar que, se  $T = \frac{dS}{dE}$ , então  $\frac{1}{\omega} = \frac{dE}{dS}$ , mas  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , desta expressão vê-se que:

$$\omega = 2\pi \frac{dE}{dS} = \frac{dE}{d(\frac{S}{2\pi})} \quad (11)$$

A equação obtida para  $\omega$  anterior, se vista como um quociente de Newton, pode ser escrita como sendo:

$$\omega = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{E(S/2\pi + \varepsilon) - E(S/2\pi)}{\varepsilon} \quad (12)$$

Observe que se fizermos  $\frac{S}{2\pi} + \varepsilon = m\hbar$ ,  $S/2\pi = n\hbar$  e  $\varepsilon = \hbar$ , a expressão 12 acima é, essencialmente, a expressão proposta por Bohr:

$$\omega_{mn} = \frac{E_m - E_n}{\hbar} \quad (13)$$

Os valores de  $E_m$  podem ser arranjados numa matriz diagonal que seriam os autovalores do Hamiltoniano do sistema.

Nesse contexto é importante frisar que os  $\omega_{mn}$  formam uma matriz antissimétrica pois eles vem das diferenças entre elementos na diagonal da matriz H.

Esta visualização, será muito útil nas seções seguintes. Ressalte-se novamente que os  $\omega_{mn}$  satisfazem o princípio da combinação de Rydberg-Ritz, como foi observado desde a série de Balmer para o átomo de Hidrogênio.

### 3. A POSIÇÃO E A VELOCIDADE NO SENTIDO DA FORMULAÇÃO MATRICIAL.

Agora buscaremos uma interpretação matricial da posição  $x(t)$ , assim como da velocidade  $dx/dt$  e potências destas. De fato, a semelhança entre as expressões 12 e 13 revela que a formulação em termos matriciais, permite pensar as raias espectrais emitidas pelo sistema como estando atribuídas às transições de energia no átomo e às diferenças de energia implicadas nestas transições, sendo organizadas numa forma matricial.

Um ponto importante é que o próprio Heisenberg em seu artigo inicial não notou que sua mecânica para o átomo, poderia ser descrita em termos matriciais.

Para ele, os índices não eram matriciais e sim atribuídos às transições atômicas[1]. Foi Max Born[6] que, lendo o trabalho de Heisenberg, demonstrou juntamente com Pascual Jordan que os resultados eram consistentes com a álgebra de matrizes já bem estabelecida.

de modo que  $\frac{E_m - E_n}{\hbar} = \omega_{mn}$ ,  $x(t)_{mn}$ ,  $p(t)_{mn}$ , isto é, todas as variáveis importantes para descrição do sistema físico em questão, possam ser organizadas através de elementos em matrizes que representam as grandezas físicas que descrevam o sistema quântico dado. O único requerimento

imposto é que o princípio da combinação de *Rydberg – Ritz* seja respeitado dentro de toda a formulação, de modo a ter um norteador lógico dentro da proposta.

Uma primeira proposta para definir matricialmente as demais grandezas, como posição, velocidade etc, é pensar em termos da expansão em série de Fourier da posição  $x(t)$ . De fato, sejam

$$x_{mn}(t) = A_{mn}e^{i\omega_{mn}t} \quad (14)$$

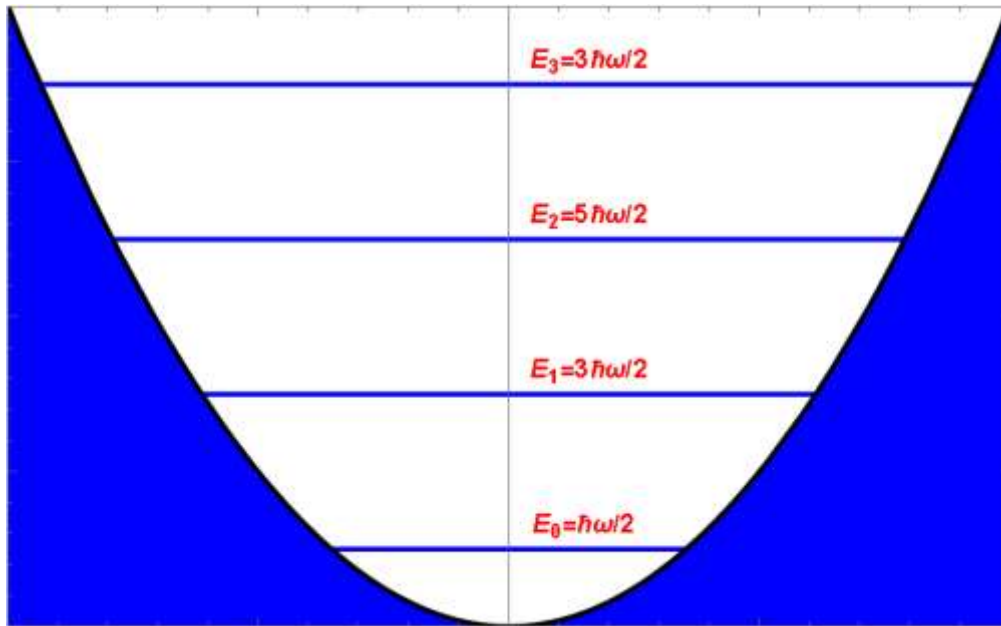


Figure 1. Representação dos níveis de Energia do OHS, com os autovalores de Energia igualmente espaçados.

e ainda:

$$x_{mk}(t) = A_{mk}e^{i\omega_{mk}t} \quad (15)$$

os elementos  $mn$  e  $nk$  da matriz que nos dá  $X(t)$ , aqui representada em maiúsculo para nos lembrar agora tratar-se de uma matriz. Observe que o elemento  $x_{mk}^2$  pode ser obtido se fizermos:

$$x_{mn}^2 := \sum_n x_{mn}(t)x_{nk}(t) = \sum_n A_{mn}A_{nk}e^{i(\omega_{mn}+\omega_{nk})t} \quad (16)$$

Já vimos que  $\omega_{mn} + \omega_{nk} = \omega_{mk}$ , pois as frequências satisfazem o princípio da combinação de Rydberg-Ritz, também chamada de condição de Bohr. Logo, se agora fizermos  $\sum_n x_{mn}(t)x_{nk}(t) \rightarrow x_{mk}(t)$  e  $\sum_n A_{mn}A_{nk} \rightarrow A_{mk}^2$ , temos que as coordenadas do sistema pode ser vista como uma matriz, onde os elementos  $m;n$  associados às linhas  $m$  e coluna  $n$  variam no tempo

conforme a frequência  $\omega_{mn}$  correspondente à energia emitida ou absorvida pelo sistema quando vibra entre as coordenadas  $x_n$  para  $x_m$  ou vice-versa, emitindo ou absorvendo radiação.

De fato, as energias  $E_m$  e  $E_n$  representam os elementos da matriz diagonal da energia  $E$  do sistema, daí portanto, os  $\omega_{mn}$  são elementos de uma matriz antissimétrica como já discutimos na seção precedente.

Neste ponto da discussão, já temos elementos para aprofundar ainda mais na proposta central de Heisenberg na formulação matricial, sem impor à doc as relações de comutação ou mesmo termos comuns na visão de Schroedinger ou Dirac da Mecânica Quântica.

Estas relações serão naturalmente incorporadas à formulação ao longo do caminho.

Contudo, agora temos uma questão interessante no que diz respeito à como expressarmos funções destas variáveis matriciais, como por exemplo o potencial  $V(x)$ .

Em geral, no potencial  $V(x)$  comparecem potências de  $x$  e agora, portanto, temos que dar um sentido para isto. Parte deste trabalho já foi feito acima quando obtivemos  $(x^2(t))_{mn}$ ! Assim como também precisamos definir o que vem a ser  $dx_{mn}/dt$  e potencias desta também.

Para estudarmos o Oscilador Harmônico por exemplo, estaremos interessados em um potencial do tipo:

$$V(x) = \lambda x^2(t) \Rightarrow V(x)_{mn} = \lambda |(x^2(t))_{mn}| \quad (17)$$

Um outro resultado necessário para se construir a teoria, consiste em se obter a matriz velocidade  $\dot{x}_{mn} = (dX/dt)_{mn}$ . Na próxima seção faremos a identificação deste operador velocidade matricial e veremos naturalmente a relação de comutação entre  $X$  e  $H$  como é sabido deste a Mecânica Clássica, porém agora com a presença de  $\hbar$ . De fato,  $\hbar$  torna-se o elemento de área mínima no espaço de fase na formulação da Mecânica Quântica.

#### 4. QUANTIZANDO O OHS VIA HEISENBERG

Vamos agora utilizar os resultados anteriores, equação 16 sobretudo pode ser escrita como:

$$x_{mn}^2 = \sum_n A_{mn} A_{nk} e^{i(\omega_{mn} + \omega_{nk})t} \quad (18)$$

Em que os  $A_{0s}$  são as amplitudes matriciais de deslocamento e observamos que, pelo princípio que tratamos no início,  $\omega_{mn} + \omega_{nk} = \omega_{mk}$  e sendo os  $A_{0s}$  matrizes, também teremos  $A_{mn}A_{nk} = x_{mk}$ . Daí podemos ver que:

$$x_{mk}^2(t) = x_{mk} e^{i(\omega_{mk})t} \quad (19)$$

Outro resultado de interesse é a derivada de  $x_{mk}(t)$  [7]. De fato, podemos obter esta derivada facilmente como a seguir: Sendo

$$x_{mk}(t) = A_{mk} e^{i\omega_{mk}t} \quad (20)$$

Podemos fazer:

$$\partial_t x_{mk}(t) = i\omega_{mk} A_{mk} e^{i\omega_{mk}t} \quad (21)$$

Sendo que  $\omega_{mk} = \frac{E_m - E_k}{\hbar}$

multiplicando por  $i\hbar$  ambos os lados desta expressão, é possível ver uma relação já familiar para alguns que tenham alguma familiaridade com a teoria quântica, de fato chegamos que:

$$i\hbar \partial_t x_{mk}(t) = (E_m - E_k) x_{mk} \quad (22)$$

isto é:

$$i\hbar \partial_t x_{mk}(t) = (E_m x_{mk} - x_{mk} E_k) \quad (23)$$

Que pode ser interpretado como a conhecida relação de evolução temporal da mecânica Quântica:

$$i\hbar \partial_t \hat{O} = [\hat{O}, \hat{H}] \quad (24)$$

Em que:

$$[\hat{O}, \hat{H}] = \hat{O}\hat{H} - \hat{H}\hat{O} \quad (25)$$

Observe que se fizermos  $\hat{O}$  coincidir com  $x_{mk}$  em 23, reobtemos este resultado, que na verdade é geral nesse contexto [8]. Agora temos condições de quantizar o OH. Na seção seguinte o faremos, utilizando os resultados precedentes.

## 5. QUANTIZANDO O OSCILADOR HARMÔNICO SIMPLES(OHS)

via Heisenberg Sabe-se que o OHS pode ser descrito pela equação:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega x^2 \quad (26)$$

Onde  $\omega$  é uma frequência característica do sistema. Na equação 14 temos que:

$$\frac{dx_{mk}}{dt} = i\omega_{mk}x_{mk} = i\frac{E_m - E_k}{\hbar}x_{mk} \quad (27)$$

derivando esta equação novamente podemos obter a expressão:

$$\frac{d^2x_{mk}}{dt^2} = -\left(\frac{E_m - E_k}{\hbar}\right)^2x_{mk} = -\omega_{mk}^2x_{mk} \quad (28)$$

A equação 26 pode ser escrita colocando-se os índices m e k de modo a obter:

$$\frac{d^2x_{mk}}{dt^2} = -\omega_{mk}^2x_{mk} \quad (29)$$

Igualando as equações 28 e 29 chegamos numa condição sobre os  $\omega_{mk}$  k que são diferenças de energia sobre h. Esta conclusão já nos dá imediatamente que:

$$E_m - E_k = \pm\hbar\omega \quad (30)$$

Ou seja, nos dá que os níveis do OHS nesta descrição baseada nos pressupostos da seção II, serão igualmente espaçados. Sendo  $m = k + 1$  fornece  $+\hbar\omega$  e  $m = k - 1$  levando à  $-\hbar\omega$ . Consideraremos agora a condição de que 7 pode ser escrita como sendo:

$$S = \oint pdq = \oint mv_x dx \quad (31)$$

Derivando esta expressão em relação à S, e usando as definições matriciais para  $x_{mk}$  e  $d_{mk}/dt$ , teremos a condição[1]:

$$\sum_l (x_{ml}x'_{lk} - x'_{ml}x_{lk}) = i\frac{\hbar}{m}\delta_{mk} \quad (32)$$

Que não é nada mais nada menos que a conhecida relação de comutação da coordenada x e seu momento conjugado mvx. Desse modo podemos ainda considerar que  $x'_{mk} = i\omega_{mk}x_{mk}$  como visto

anteriormente e ainda que as diferenças de energia  $\omega_{mk} = -\omega_{km}$  e mostrar que o somatório em 32 fica sendo com estas considerações igual a

$$2 \sum_l x_{ml}^2 \omega_{lm} = \frac{\hbar}{m} \delta_{mm} \quad (33)$$

Fazendo essa soma em níveis adjacentes ( $l = m + 1$  e  $l = m - 1$ ) e considerando  $\omega_{mk} = -\omega_{km}$ , chegamos que:

$$x_{m,m-1}^2 \omega_{m-1,m} + x_{m,m+1}^2 \omega_{m+1,m} = \frac{\hbar}{2m} \quad (34)$$

Fazendo  $m = 0$  e considerando 0, pois não há níveis de energia mapeados nos inteiros negativos, chegamos numa expressão que nos dá o elemento  $x_{01} = x_{10}$ , para a posição do OHS:

$$x_{01} = x_{10} = \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}} \quad (35)$$

Com este resultado na 34, fazendo  $m=2$ , podemos facilmente obter os elementos de  $x_{12} = x_{21}$  e assim por diante, chegando no resultado conhecido de que:

$$x_{n,n+1} = \sqrt{\frac{(n+1)\hbar}{2m\omega}} \quad (36)$$

De modo análogo podemos escrever a equação da energia do OHS com as definições de  $x_{m,k}$  e  $\dot{x}_{m,k}$  precedentes. De fato teremos que:

$$E_n = m\omega^2(x_{n,n+1}^2 + x_{n,n-1}^2) \quad (37)$$

Utilizando a equação 36, obtemos o resultado conhecido para o OH quântico:

$$E_n = \hbar\omega(n + 1/2) \quad (38)$$

Com  $n = 0;1;2;:::$  rótulos nos inteiros para os níveis de energia e dado os  $x_{n,n+1}$  acima os elementos de matriz das coordenadas, também quantizadas conforme a equação 36. Se considerarmos que a dependência temporal é dada por  $e^{i(E_n/\hbar)t}$ , basta que multiplicar toda a matriz contendo os elementos  $x_{n,n+1} = x_{n+1,n}$  dados acima por esta exponencial e temos a matriz  $x(t)$  do oscilador harmônico dentro do formalismo proposto por Heisenberg. Assim, completamos essa breve incursão

sobre os princípios centrais do início da teoria quântica, reobtendo alguns resultados importantes, anteriores à formulação de Schroedinger de 1925.

## 6. CONCLUSÃO

No contexto deste trabalho, há um resgate da abordagem do OHS na mecânica quântica pré-Schroedinger. Aqui, são exploradas as ideias centrais presentes na formulação matricial da mecânica quântica proposta por Heisenberg, Born e Jordan. Vale ressaltar que essa construção ocorreu antes do surgimento da Equação de Schrödinger em 1925.

O objetivo deste trabalho foi de oferecer um guia intuitivo das idéias centrais que levaram ao desenvolvimento da teoria quântica matricial formulada por esses três cientistas entre os anos de 1910 e 1925. Destina-se portanto a professores e estudantes de graduação em Física e áreas relacionadas, buscando fornecer uma compreensão clara e acessível desse importante marco na história da Física Quântica.


## REFERÊNCIAS


1. VAN DER WAERDEN, Bartel Leendert. Sources of quantum mechanics. Courier Corporation, 2007.
2. BOHR, Niels; SLATER, John Clarke; KRAMERS, Hendrik Anthony. The quantum theory of radiation. Taylor and Francis, 1924.
3. BOHR, Niels. XLII. On the Quantum theory of radiation and the structure of the atom. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, v. 30, n. 177, p. 394-415, 1915.
4. Este potencial é chamado potencial de trabalho do metal.
5. Plano cartesiano em que temos o momento( $p$ ) e a posição( $q$ ) como variáveis cartesianas conjugadas.
6. Max Born era Orientador de Heisenberg nesta época.
7. Claro que os índices  $m, k$  aqui são inteiros apenas e a notação é arbitrária. importando apenas que são índices matriciais usuais.
8. Na mecânica Hamiltoniana Clássica, essa mesma equação aparece nos chamados parenteses de Poisson. Essa conexão foi explorada na formulação de Dirac da Mecânica Quântica, à qual conseguiu mostrar que tanto a formulação de Heisenberg quanto à de Schroedinger eram equivalentes, veja [1]





 [conhecimentolivre.org/home](http://conhecimentolivre.org/home)

 [contato@conhecimentolivre.org](mailto:contato@conhecimentolivre.org)

 [editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)

# TÓPICOS EM CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

VOLUME V