



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA –
MNPEF

ANTONIO HUANDERSON SOARES MAGALHÃES

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE NEWTON COM
ENFOQUE HISTÓRICO: UMA ABORDAGEM POR MEIO DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL**

TERESINA
2025

ANTONIO HUANDERSON SOARES MAGALHÃES

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE NEWTON COM
ENFOQUE HISTÓRICO: UMA ABORDAGEM POR MEIO DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL**

Dissertação apresentado à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, da Universidade Federal do Piauí – UFPI, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Tavares Lira

TERESINA

2025

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Divisão de Representação da Informação

M189s Magalhães, Antonio Huanderson Soares.
Sequência didática para a aprendizagem das Leis de Newton
com enfoque histórico : uma abordagem por meio da aprendizagem
significativa de Ausubel / Antonio Huanderson Soares Magalhães.
– 2025.
101 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Curso
de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF,
Teresina, 2025.
“Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Tavares Lira”.

1. Metodologia do Ensino de Física. 2. Aprendizagem
significativa. 3. História da Física. I. Lira, Marcos Antônio Tavares.
II. Título.

CDD 530.07

Bibliotecária: Francisca das Chagas Dias Leite – CRB3/1004



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

Pró-reitoria de Ensino de pós-Graduação

Coordenadoria Geral de Pós-Graduação

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 26 UFPI

e-mail: mnpef@ufpi.edu.br

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ANTONIO HUANDERSON SOARES MAGALHÃES

Às nove horas do dia vinte e cinco de julho de dois mil e vinte e cinco, reuniu-se no auditório do curso de Física, no Centro de Ciências da Natureza da UFPI, a Comissão Julgadora da dissertação intitulada "SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE NEWTON COM ENFOQUE HISTÓRICO: UMA ABORDAGEM POR MEIO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL" do discente **Antonio**

Huanderson Soares Magalhães, composta pelos professores Dr. Marcos Antonio Tavares Lira (orientador, UFPI), Dra. Claudia Adriana de Sousa Melo (UFPI) e Dr. Edivaldo Leal Queiroz (UFPI), para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o Orientador e Presidente da Comissão, Prof. Marcos Antonio Tavares Lira, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerado APROVADO, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente ao discente pelo Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI.

Nada mais havendo a tratar, a Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 25 de julho de 2025.

Prof. Dr. Marcos Antonio Tavares Lira (orientador)

Documento assinado digitalmente
MARCOS ANTONIO TAVARES LIRA
Data: 19/08/2025 15:34:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra. Claudia Adriana de Sousa Melo

Documento assinado digitalmente
CLAUDIA ADRIANA DE SOUSA MELO
Data: 21/08/2025 14:56:58-0300
<https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Edivaldo Leal Queiroz

Documento assinado digitalmente
EDIVALDO LEAL QUEIROZ
Data: 19/08/2025 16:04:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Quero expressar meus agradecimentos primeiramente a Deus, que se não fosse por ele não estaria cursando este mestrado, bem como à minha família, minha mãe, Jocelina Soares de Abreu Magalhães, meu pai Luís Campelo Magalhães e aos meus dois irmãos Luís Gleison Soares Magalhães e Huelison Soares Magalhães, pelo apoio e incentivo nesse desafio.

Agradeço também a todos os meus amigos, que me apoiaram durante todos esses anos na conquista de mais um sonho.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) e à CAPES, por meio do Programa de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), que oportunizou a melhoria de minha prática docente fornecendo novos e profundos conhecimentos na minha área de estudo, proporcionando novos saberes e uma nova dimensão em minha vida profissional e acadêmica.

Agradeço ao Professor Dr. Marcos Antônio Tavares Lira, que contribuiu no mestrado com sua disposição na orientação.

Também expresso minha sincera gratidão a todos os docentes da UFPI que fizeram parte da minha formação.

Expresso profunda gratidão a todos os meus companheiros do curso, Emmanuel, Edivaldo, Guilherme, Jorge, Paulo, Amaranes, Eduardo, Rebeca, Fernando, Tayla, Flavio e Ayrton, que me apoiaram e incentivaram nessa caminhada, boa sorte a todos nós.

Muito obrigada a todos e todas!

RESUMO

O trabalho apresentado a seguir discute e investiga um método de ensino das leis de Newton, é aplicada uma abordagem do tema proposto no qual se busca esclarecer a teoria utilizada durante a pesquisa, para tanto foi aplicada uma abordagem que se tem a utilização de experimentos e texto histórico, buscando assim a compreensão por parte dos alunos do conteúdo aplicado, com a presente abordagem procurou-se um engajamento do alunado para assim possibilitar um melhor entendimento por parte dos mesmos do assunto tratado em sala de aula. A presente dissertação investiga estratégias didáticas para o ensino das leis de newton, utilizando uma abordagem histórica fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. O estudo parte do desafio enfrentado no ensino médio, especialmente no que diz respeito ao desinteresse dos alunos e à dificuldade de relacionar os conceitos físicos ao cotidiano. Assim, o objetivo geral é desenvolver uma sequência didática que integre textos históricos e experimentação prática como ferramentas de ensino. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, na qual foi aplicada uma sequência didática estruturada em cinco encontros, envolvendo leitura e discussão de textos históricos sobre newton, aulas expositivas sobre as leis do movimento e experimentação com um dinamômetro. A coleta de dados foi realizada por meio de um pré-teste e um pós-teste, além de registros em diário de campo. A análise dos resultados seguiu o método de análise de conteúdo, conforme proposto por Bardin. Os principais referenciais teóricos incluem David Ausubel (2003), com sua abordagem sobre aprendizagem significativa, Laurence Bardin (2016), na análise qualitativa dos dados, e Herch Moysés Nussenzveig (2013), como referência em mecânica clássica. Os resultados indicaram uma melhoria na compreensão dos conceitos físicos após a aplicação da sequência didática, com maior engajamento dos alunos e capacidade de relacionar a física com sua realidade. Assim, conclui-se que a contextualização histórica e a experimentação são ferramentas eficazes para o ensino das leis de newton, contribuindo para um aprendizado mais significativo.

Palavras-chave: Metodologia do Ensino de Física; Aprendizagem significativa; História da física.

ABSTRACT

The following work discusses and investigates a teaching method for Newton's laws. An approach to the proposed topic is applied in which the theory used during the research is clarified. For this purpose, a method involving experiments and historical texts was employed, aiming to enhance students' understanding of the content. This approach sought to promote student engagement, thereby enabling a better grasp of the subject matter discussed in the classroom. This dissertation investigates didactic strategies for teaching Newton's laws, using a historical approach grounded in David Ausubel's theory of meaningful learning. The study stems from challenges faced in high school education, particularly regarding students' lack of interest and the difficulty in connecting physical concepts to everyday life. Thus, the general objective is to develop a didactic sequence that integrates historical texts and practical experimentation as teaching tools. It is a qualitative research project, in which a didactic sequence structured into five sessions was applied. These sessions involved reading and discussing historical texts about Newton, lectures on the laws of motion, and experimentation with a dynamometer. Data collection was carried out through a pre-test and post-test, as well as field diary entries. The analysis of the results followed the content analysis method proposed by Bardin. The main theoretical references include David Ausubel (2003), with his approach to meaningful learning; Laurence Bardin (2016), in the qualitative data analysis; and Herch Moysés Nussenzveig (2013), as a reference in classical mechanics. The results indicated an improvement in the understanding of physical concepts after the application of the didactic sequence, with greater student engagement and the ability to relate physics to their everyday lives. Thus, it is concluded that historical contextualization and experimentation are effective tools for teaching Newton's laws, contributing to more meaningful learning.

Keywords: Physics Teaching Methodology; Meaningful Learning; History of Physics.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Encontros realizados para a aplicação da sequência didática.

Quadro 2 - Respostas da primeira questão do pré-teste.

Quadro 3- Respostas da segunda questão do pré-teste.

Quadro 4 – Respostas da terceira questão do pré-teste.

Quadro 5 - Respostas da quarta questão do pré-teste.

Quadro 6 – Resposta da quinta questão do pré-teste.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2-REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 A REALIDADE DO ENSINO DE FÍSICA	12
2.2 HISTÓRIA E FÍSICA	12
2.3 A SOLUÇÃO QUE PODE SER O CAMINHO PARA APRENDER	14
2.4 FATORES QUE CONTRIBUEM PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	18
2.5 ORGANIZADORES PRÉVIOS	20
2.6 APRENDIZAGEM MEMORÍSTICA	21
2.7 FORMAS E TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	24
2.8 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E SEUS FACILITADORES	25
2.9 AVALIAÇÃO NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	27
2.10 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL E O FUTURO	27
3-AS LEIS DE NEWTON	30
3.1 NEWTON E SUAS LEIS	30
3.2 AS LEIS	33
3.3 PRIMEIRA LEI DE NEWTON	34
3.4 FORÇA	35
3.6 SEGUNDA LEI DE NEWTON	36
3.7 TERCEIRA LEI DE NEWTON	38
3.8 VERIFICAÇÃO DA TERCEIRA LEI DE NEWTON	39
3.9 PESO E MASSA	39
3.10 DIFERENÇA ENTRE PESO E MASSA	39
3.11 APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON EM UMA DIMENSÃO	40
3.12 LIMITAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON	40
4 METODOLOGIA	42
4.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA	42
4.2 A PRODUÇÃO DOS DADOS DA PESQUISA	43
4.3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO PRODUTO EDUCACIONAL	45
4.4 A ANÁLISE DOS DADOS	47
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	51
5.1 O PRÉ-TESTE	51
5.2 AS AULAS E A PRÁTICA EM SALA DE AULA APÓS A APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE	60
5.3 ANÁLISE DO PÓS-TESTE	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS	70
ANEXO	72

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente democratização do ensino mesmo que nem sempre se tenha bons resultados alcançados, os desafios de ensinar se tornam cada vez maiores e para se ter êxito no processo é necessária uma abordagem que consiga chamar a atenção do adolescente, para isso as estratégias a serem adotadas podem significar o sucesso ou não no fim da aprendizagem.

Com a intenção de ensinar Física no ensino médio e melhorar os resultados obtidos pelo alunos é proposto nesse trabalho uma abordagem mista que relaciona uma contextualização histórica juntamente com a experimentação; para isso buscou-se a teoria da aprendizagem de David Ausubel para servir de ancoradouro a pesquisa, tinha-se como objetivo para este trabalho um método que melhorasse o ensino e que possibilitasse sua reprodução de maneira fácil e pouco custosa, evidenciando que experimentações mais elaboradas podem ser utilizadas mas nem sempre, pois envolve mais trabalho e tempo impossibilitando sua reprodução mais frequentemente.

O desenvolvimento da pesquisa possibilitou um grande aprendizado para os envolvidos nela, e demonstrou que a contextualização histórica pode muito bem possibilitar o enriquecimento intelectual e promover a curiosidade dos alunos, para uma abordagem que crie a expectativa de querer aprender cada vez mais faz com que uma pesquisa como está se justifica, mas a busca por soluções práticas tendo em vista que a vida profissional do Professor tona-se cada vez mais corrida, possibilita e isentiva que pesquisa com este foco sejam cada vez mais buscadas.

Para este foco que é levantado, é importante esclarecer que muitas das soluções apontadas são frutos da observação e testes aplicados ao longo da pesquisa, mostrando que o processo de ensino e aprendizagem pode ter reviravoltas com utilização de métodos que estar ao alcance de todos, a utilização de textos para a contextualização histórica e experimentos simples como o dinamômetro demonstram que se pode buscar soluções relevantes para o ensino nas escolas públicas.

Então, procurou saber nesta pesquisa se era possível a utilização de textos históricos e experimentos para ensinar Física também se a contextualização histórica era realmente promissora no ensino de Física, mostrou-se claro ao longo do processo que a utilização de textos pode promover os engajamentos dos alunos aguçando sua

curiosidade. Para realizar esta pesquisa elencamos os seguintes objetivos: Analisar como a contextualização histórica pode ser utilizada como recurso didático; elaborar sequências didáticas que proporcionem estratégias de modificação para os conteúdos de Física. Ministrando aulas teóricas por meio de métodos didáticos que mostrará outros jeitos de ensinar e aprender.

O processo educacional envolve uma trajetória histórica que não se desenvolve de maneira linear, mas sim entre erros e acertos, o que caracteriza sua evolução. Muitos são os sucessos e os desacertos, com uma característica peculiar: quase sempre os envolvidos no processo educacional estão movidos pela boa intenção em suas ações, mesmo que, ao final, o resultado não seja satisfatório ou benéfico para o aprendiz. Ainda assim, a educação vem se tornando cada vez mais democrática, à medida que se amplia seu alcance. O acesso à educação e as políticas públicas voltadas para ela têm priorizado métodos educacionais eficientes e democráticos.

Com essa visão e priorizando um ensino que alcance a todos, a adoção de uma abordagem eficiente tornou-se o foco deste trabalho. A abordagem histórica, realizada por meio de textos que provoquem o engajamento dos alunos, passou a ser uma prioridade. Assim, utilizou-se como principal ferramenta a leitura de textos históricos, acompanhada de um experimento simples, que possibilita fácil aplicação e rápida montagem, mostrando-se adequado à rotina acelerada dos profissionais da educação.

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel é considerada aqui como um fundamento essencial a ser priorizado, especialmente por oferecer uma forma eficaz de ensinar disciplinas que, geralmente, apresentam maior dificuldade, em razão do desinteresse dos alunos e das lacunas no ensino, que não proporcionam uma base adequada para a aprendizagem.

Dessa forma, este trabalho aplicou um pré-teste e um pós-teste. Entre esses dois momentos, desenvolveram-se atividades como a leitura e o comentário de um texto histórico, com a participação ativa dos alunos envolvidos na pesquisa, bem como a realização de um experimento prático relacionado ao conteúdo teórico estudado. Essas atividades foram organizadas por meio de uma sequência didática que compôs o produto educacional. Os resultados obtidos por meio dos testes e do diário de campo foram analisados com base no método qualitativo, utilizando a análise de conteúdo proposta por Bardin. Espera-se que os resultados sejam satisfatórios e possam auxiliar outros professores que enfrentam, no dia a dia, os desafios de ensinar Física para o público jovem.

2-REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A REALIDADE DO ENSINO DE FÍSICA

O que se aprende na escola, seja pública ou privada, geralmente entra no que se caracteriza por aprendizagem mecânica. Falando assim, pode parecer estranho, principalmente devido às novas perspectivas e ênfase que se vem dando as práticas de ensino que não seja memorística e repetitiva. Contudo, a realidade do atual ensino básico no Brasil, ainda, é uma pedagogia centrada no docente, voltada para a obtenção de uma nota aprovativa sem significado para o aluno.

Embora se tenha uma formação nas universidades voltada para uma prática inclusiva, porém a prática na sala de aula se mostra diferente, distante da ensinada e expressa nos seminários nas graduações do curso de Licenciatura em Física. O ensino de Física ainda carrega uma forte tendência para a pedagogia tradicional, até mesmo a formação do Professor se mostra contraditória, quando analisada as disciplinas voltadas ao conhecimento físico e as de teorias de aprendizagem.

O ensino de Física nas escolas brasileiras ainda tem fortes traços da pedagogia tradicional, que se mostram em muitos casos ineficientes, podendo isto justificar os baixos índices nos testes nacionais e internacionais que procuram analisar o ensino no país, muitas vezes a solução que seria relativamente mais fácil de alcançar se mostra difícil, podendo um dos entraves o método aplicado em sala de aula, em sua maioria teórico sem experimentação ou mesmo contextualização por demandar mais tempo e trabalho.

2.2 HISTÓRIA E FÍSICA

A apresentação da história das teorias físicas, para os discentes permitirá que tenham uma visão diferente da que construíram sobre a criação científica, fazendo assim, a criação de fatores que incentivam o aluno a aprender Física. Tradicionalmente as teorias científicas são repassadas para os estudantes do ensino médio e nas universidades como uma descoberta linear, ou seja, para o estudante o achado científico acontece de maneira natural, muitas vezes, o Professor responsável tem a mesma visão, isso ocorre principalmente por falta de formação da historiografia científica.

Geralmente, a falta de conhecimento em história da física causa perdas que muitas das vezes passam sem mais atenção, diante dessas perspectivas, o aluno que poderia demonstrar interesse, acaba por desinteressar-se, pensando que não tem condições de exercer a ciência os pesquisadores Cibelle Celestino Silva e Roberto de Andrade Martins comentam que Pumfrey (1991), *apud* Andrade Martins (2003, p. 54):

O estudo cuidadoso da História da Ciência pode ajudar bastante a entender a natureza da Ciência. Pumfrey (1991), por exemplo, lista algumas importantes componentes da visão contemporânea sobre a pesquisa científica que podem ser apreendidas através da História da Ciência: 1. Uma observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente. 2. A natureza não fornece evidências simples o suficiente que permitam interpretações sem ambiguidade. 3. Teorias científicas não são induções, mas sim hipóteses que vão necessariamente além das observações. 4. Teorias científicas não podem ser provadas. 5. O conhecimento científico não é estático e convergente, mas sim mutável e sem fim. 6. Uma formação prévia dentro de um mesmo paradigma é uma componente essencial para que haja acordo entre os cientistas. 7. O pensamento científico não se constrói sem influência de fatores sociais, morais, espirituais e culturais. 8. Os cientistas não constroem deduções incontestáveis, mas sim julgamentos complexos e especializados. 9. O desacordo é sempre possível (Pumfrey 1991 *apud* Silva; Martins, 2003, p. 54).

Diante dessas perspectivas, é possível inferirmos que trabalhar a História da Física, pode facilitar principalmente o interesse e engajamento dos discentes diante das dificuldades técnicas que a disciplina oferece, visto que a partir do momento em que o aluno constata que a teoria física é construída através de um caminho não linear, o aluno pode compreender que também pode fazer Física.

Nas pesquisas realizadas sobre a inserção da História para contextualizar e ensinar física, mostra que os resultados positivos foram alcançados, Abigail Vital e Andreia Guerra em uma pesquisa realizada em 2016, com alunos de mestrado em educação, concluiu que a utilização da História pode ser de bastante benéfica para o ensino de Física, assim, as pesquisadoras comentam:

O desinteresse dos alunos em relação ao estudo da Física foi outro elemento motivador para a inserção da História da Ciência no ensino, conforme revela a leitura das dissertações. Como resultado dessa inserção, os professores destacaram em nove dissertações que observaram uma expressiva participação dos alunos nas aulas, nos debates e nas atividades propostas em sala de aula (Guerra; Vital, 2016, p. 365).

Então um passo simples e com pouco custo material pode ser a solução para sanar o desinteresse dos estudantes em estudar Física, um recurso como este pode ser utilizado com maior frequência, diferentemente de experimentos que demandando

mais tempo em sala de aula e equipamentos que apesar de importantes nem sempre podem ser realizados por questão de demandarem mais tempo para serem realizados.

Então, diante da perspectiva do ensino baseado na história da Física, utilizando como referencial teórico a teoria da aprendizagem de David Ausubel, procuraremos demonstrar que a inserção da historiografia da Física nas aulas, pode fortalecer o engajamento e sanar as dúvidas dos estudantes, isso possibilita, a construção de subsunçores, que são os conhecimentos preexistentes no cognitivo dos alunos que pode ser utilizados como âncora para aprender novos conceitos, para a aprendizagem da teoria, e que no final esse conhecimento seja significativo para o aluno, nos moldes da teoria que será apresentada.

2.3 A SOLUÇÃO QUE PODE SER O CAMINHO PARA APRENDER

Este tópico objetiva-se em apresentar as primeiras noções de aprendizagens significativa, bem como demonstrar que essa forma de ensinar pode ser uma estratégia para evitar os problemas enfrentados pelos Professores no ensino de Física. Além disso, é realizada uma correlação entre a aprendizagem significativa e história da Física.

Assim, as estratégias que contribuiriam para a ineficiência da aprendizagem em Física no ensino básico, seria uma abordagem que desconsiderasse o decoreba e focasse em outra forma de ensinar, para isso tem-se a aprendizagem significativa de David Ausubel, como esclarece o autor:

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (Moreira, 2012, p. 02).

A construção de aprendizagem em que o sujeito que aprende não ocupa a posição de mero ouvinte, mas um construtor junto ao docente, com um ensino pautado naquilo que os estudantes já sabem, ou seja, os conhecimentos prévios, isso é uma das características da aprendizagem significativa e que deve ser buscado na prática da docência. Com esse pensamento, é evidente que os conhecimentos adquiridos

são construções não triviais, e que não seria pautada no vazio como é o decoreba da educação tradicional.

David Ausubel, em seu livro *Aquisição e retenção de conhecimento: uma perspectiva cognitiva* no primeiro capítulo apresenta uma descrição do conceito de aprendizagem significativa, que para o autor pressupõe mais que uma apresentação daquilo que se presume ser uma aprendizagem significativa, observemos:

A aprendizagem por recepção significativa envolve, principalmente, a aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado. Exige quer um mecanismo de aprendizagem significativa, quer a apresentação de material *potencialmente* significativo para o aprendiz. Por sua vez, a última condição pressupõe (1) que o próprio material de aprendizagem possa estar relacionado de forma *não arbitrária* (plausível, sensível e não aleatória) e *não literal* com *qualquer* estrutura cognitiva apropriada e relevante (i.e., que possui significado 'lógico') e (2) que a estrutura cognitiva *particular* do aprendiz contenha ideias *ancoradas* relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material. A interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos. Devido à estrutura cognitiva de cada aprendiz ser única, todos os novos significados adquiridos são, também eles, obrigatoriamente únicos (Ausubel, 2003, p. 01).

Ainda na mesma seção, o autor aponta outro fator importante, pois muitas vezes pensamos que estamos ensinando e que os alunos estão aprendendo significativamente, como afirma o autor:

A aprendizagem significativa não é sinónimo de aprendizagem de material significativo. Em primeiro lugar, o material de aprendizagem apenas é *potencialmente* significativo. Em segundo, deve existir um mecanismo de aprendizagem significativa. O material de aprendizagem pode consistir em componentes já significativas (tais como pares de adjetivos), mas cada uma das componentes da tarefa da aprendizagem, bem como esta como um todo (apreender uma lista de palavras ligadas arbitrariamente), não são 'logicamente' significativas. Além disso, até mesmo o material logicamente significativo pode ser apreendido por memorização, caso o mecanismo de aprendizagem do aprendiz não seja significativo.

Essa aprendizagem se caracteriza pela necessidade de ressaltar os conhecimentos prévios dos estudantes, David Ausubel chamava de *Subsunçor* ou ideia-âncora. O subsunçor seria um caminho que daria oportunidade para se adquirir novos conhecimentos, assim seria ele o possibilitador de dar significados aos novos conhecimentos adquiridos, é relevante notar que a ausência do subsunçor dificulta ou mesmo impossibilita uma aprendizagem significativa.

Pode-se dizer que na aprendizagem significativa os conhecimentos prévios adquirem novos significados à medida que auxiliam na obtenção de novos

conhecimentos, essa interação entre os conhecimentos prévios e os novos é de fundamental importância para a aprendizagem significativa. As inferências tiradas pelos discentes criam conhecimentos, que são capazes de auxiliar novamente em novos conhecimentos.

Para o aprendizado significativo é necessária uma elaboração inovadora das práticas didáticas-pedagógicas para obter resultados na aprendizagem dos indivíduos envolvidos no processo, como relatado no início, a predominância do ensino tradicional certamente pode ser resultado das dificuldades para se ter aulas mais dinâmicas.

Pode-se considerar que o discente que aprende por meio da aprendizagem significativa tende a reter o conhecimento por mais tempo. Caso esse conhecimento seja deixado de lado por diversos motivos, é possível que seja momentaneamente esquecido. No entanto, diferentemente da aprendizagem mecânica — na qual o indivíduo apenas memoriza o conteúdo —, a aprendizagem significativa se baseia nos subsunçores. Por isso, o indivíduo poderá retomar com mais facilidades o conhecimento aparentemente esquecido, uma vez que toda nova aprendizagem se apoia em conhecimentos prévios.

Para compreender a teoria da aprendizagem de David Ausubel é fundamental entender o que seria um subsunçor. Apesar de fácil o seu conceito pode acarretar erros quando não compreendido corretamente.

O subsunçor é, portanto, um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. Não é conveniente “coisificá-lo”, “materializá-lo” como um conceito, por exemplo. O subsunçor pode ser também uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim um conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem significativa de determinados novos conhecimentos (Moreira, 2012, p. 04).

Como foi dito o subsunçor será um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do aluno, sendo importante não coisificá-lo, pois é um modelo de aprendizagens relevantes para o conhecimento, assim, possibilita aos discentes a aquisição de novos conhecimentos, ainda o teórico:

Tais conhecimentos podem ser de natureza conceitual, procedimental ou atitudinal. No entanto, os subsunçores de Ausubel se referem muito mais ao conhecimento declarativo (conceitual), tanto é que muitas vezes ele falava em *conceito subsunçor*, nomenclatura que hoje não nos parece adequada

porque restringe muito o significado de subsunção, induzindo a que seja pensado como um conceito determinado. Como já foi dito, é melhor considerar o subsunção como um conhecimento prévio especificamente relevante para uma nova aprendizagem, não necessariamente um conceito (Moreira, 2012, p. 05).

O subsunção tratado por Ausubel como conceito possibilita muitas perspectivas no tratamento da aprendizagem significativa, é usual que se entendam como um conceito estabelecido, assim, o subsunção ficaria limitado, então compreendê-lo como conhecimento prévio é mais abrangente e conseqüentemente melhor para aplicação na teoria e na prática.

Na teoria da aprendizagem de Ausubel os conhecimentos prévios seriam a variável mais importante, pode-se adquirir novos conhecimentos na interação entre conhecimentos já internalizados e novos conhecimentos, assim, obtém-se um aprimoramento nos conhecimentos prévios, e conseqüentemente uma expansão da capacidade de aprender, quanto mais se aprende mais se consegue aprender.

Os conhecimentos prévios podem constituir um obstáculo, como bem lembrado por Marcos Antônio Moreira, quando os conhecimentos necessitam de subsunções que bloqueiam a nova aprendizagem, ou seja, ao mesmo tempo que pode facilitar a aprendizagem pode dificultar, tudo dependerá de como esse conhecimento se constituiu no indivíduo, assim como, pode influenciar na aquisição de novos conhecimentos.

É conhecimento comum entre os docentes que a disposição para aprender deve partir do aluno, ou seja, é necessária uma atitude positiva do aluno, mesmo um professor capacitado e com meios inovadores para ensinar, é necessária uma disposição para aprender, condição essa que se caracteriza por ideias âncoras fixadas no estudante, que terá que relacionar com os novos conhecimentos essa disposição, que deve partir do indivíduo que irá aprender. Essa atitude pode ter um estímulo do docente, estudos vem mostrando que disposição para aprender pode partir de uma abordagem significativa do conteúdo, como esclarece o pesquisador:

[...] estudos também descobriram que a Teoria de Ausubel pode ser uma ferramenta eficaz para melhorar o engajamento dos estudantes. Estudos descobriram que quando a Teoria de Ausubel é implementada na sala de aula, ela pode levar a um melhor engajamento e motivação dos estudantes. Além disso, os estudos descobriram que quando a Teoria de Ausubel é implementada em sala de aula, ela pode levar a uma melhor atitude e desempenho dos estudantes (Júnior *et al*, 2023, p. 65).

Assim, a disposição constitui a primeira condição para se adquirir conhecimentos, a outra é o material de aprendizagem que deve ser instigante, essas duas condições são essenciais para uma aprendizagem significativa, porém o material só será significativo se tiver a atitude de uma pessoa envolvida no processo de aprendizagem, lembrando que a atitude pode ser construída ao longo do processo, como os estudos apontam.

Diante do exposto, é importante que possamos apresentar as correlações entre o ensino Física numa perspectiva histórica e a aprendizagem significativa. No momento atual, tem-se uma preocupação com o fator social que constata que a Física não tem uma abordagem preocupada em relacionar os fenômenos naturais com o cotidiano do aluno, muito menos a criação científica, que não é apresentada para o estudante como possibilidade.

Desse modo, a aprendizagem significativa pode ser alcançada, uma vez que a história da Física proporciona a contextualização dos conceitos físicos, estabelecendo uma relação entre conceito e realidade. Nesse percurso, já é possível iniciar a construção do interesse do alunado. Além disso, há a ativação de conhecimentos prévios, na medida em que os conceitos são trabalhados a partir de uma perspectiva histórica. Isso possibilita a articulação entre conhecimentos novos e antigos, favorecendo a construção de novos saberes.

A partir de uma abordagem significativa do ensino de Física, fundamentada em sua dimensão histórica, busca-se promover a humanização dessa ciência. Tal perspectiva visa favorecer o engajamento dos estudantes, ao evidenciar que a produção científica resulta da atividade humana, marcada também por erros que contribuem para o processo de aprendizagem. Esse processo educativo torna-se mais eficaz quando o ensino da Física é articulado com sua trajetória histórica, permitindo ao estudante compreender o desenvolvimento dos conceitos científicos em seus contextos originais.

2.4 FATORES QUE CONTRIBUEM PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Conforme discutido, os conhecimentos prévios são os fatores mais importantes na aquisição de conhecimentos sua ausência pode constituir uma dificuldade no processo de ensino-aprendizado, resumidamente, sua falta ou conceituação

equivocada é fator dificultador na aprendizagem, uma vez que na aprendizagem significativa é agente imprescindível.

Fica evidente que os subsunçores são uma parte fundamental para a aprendizagem significativa, é claro que eles não podem ser entendidos como conceitos conforme discutido anteriormente, os subsunçores são os conhecimentos prévios que possibilitarão a aprendizagem de novos conhecimentos, a interação de conhecimentos prévios com os novos conhecimentos é o fator que implica na constituição da aprendizagem significativa.

Há momentos em que o estudante não possui conhecimentos prévios adequados para a efetivação da aprendizagem significativa, assim, os primeiros subsunçores são construídos através da própria vivência do indivíduo relacionando o seu cotidiano com as leis da Física, os primeiros conhecimentos são adquiridos nas informações fornecidas pelo meio social em que o indivíduo está inserido, nas palavras de Moreira:

A hipótese aqui é que construção dos primeiros subsunçores se dá através de processos de inferência, abstração, discriminação, descobrimento, representação, envolvidos em sucessivos encontros do sujeito com instâncias de objetos, eventos, conceitos. Por exemplo, quando uma criança se encontra pela primeira vez com um gato e alguém lhe diz “olha o gato”, a palavra gato passa a representar aquele animal especificamente. Mas logo aparecem vários outros animais que também são gatos, embora possam ser diferentes em alguns aspectos, e outros que não são gatos, apesar de que possam ser semelhantes aos gatos em alguns aspectos. Quando a palavra gato representa uma classe de animais com certos atributos, independente de exemplos específicos, diz-se que o conceito de gato foi formado (Moreira, 2012, p. 10).

Além desses, outros fatores como as primeiras aprendizagens antes do ensino básico constitui um formador de subsunçores para o sujeito, é salutar que conhecimentos dessa natureza dependam de uma metodologia que seja distinta das estratégias que o professor adquirir em sua formação na universidade.

Assim, subsunçores é parte fundamental na aprendizagem significativa, quando o aluno não os tem, é natural que o Professor procure construir esses conceitos faltantes, construindo-os através a relação com o cotidiano do alunado, para isso a abordagem histórica pode ser a ferramenta que proporcionará a sua construção, com a história da Física aspectos sociais, filosóficos e culturais podem ser integrados no contexto social do aluno, promovendo uma construção de subsunçores de forma natural e sem a necessidade de formas tradicionais do ensino.

Assim como ocorre nos primeiros anos de vida, em que o estudante constrói subsunçores a partir de suas experiências, a utilização de estratégias que promovam a construção de conceitos científicos por meio de textos históricos e situações do cotidiano possibilita a articulação entre a ciência e a história da Física. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento de uma compreensão mais contextualizada e significativa dos conteúdos.

Torna-se necessária a vivência de novas experiências e a aplicação de técnicas mais refinadas, com o objetivo de promover a construção de novos conceitos a partir de elementos oriundos do senso comum, com os quais o estudante está inserido. Esse processo estende-se, inclusive, ao próprio professor, que também pode desenvolver novos conhecimentos a partir da reflexão sobre sua prática pedagógica.

2.5 ORGANIZADORES PRÉVIOS

Neste tópico apresentaremos a definição de organizadores prévios e sua importância para a aprendizagem significativa, bem como a relevância da história da Física como organizadores prévios, procuramos assim, demonstrar que a utilização da historiografia da Física pode ser um aliado no ensino-aprendizado no ensino básico.

Os organizadores prévios representam uma estratégia proposta para superar a ausência de subsunçores adequados à aprendizagem significativa. Quando o estudante não dispõe de estruturas cognitivas suficientes para assimilar determinado conteúdo, os organizadores prévios foram considerados, inclusive por Ausubel, uma solução satisfatória. No entanto, a prática pedagógica demonstrou que essa estratégia, isoladamente, não se mostrou suficientemente eficaz para atingir plenamente esse objetivo.

Podem ser identificados dois tipos de organizadores prévios. O primeiro é o organizador expositivo, cuja função é estabelecer uma conexão entre os conhecimentos que o indivíduo já possui e aqueles que necessita adquirir. O segundo é o organizador comparativo, que favorece a integração de novos conhecimentos ao repertório pré-existente, auxiliando o estudante a distingui-los de conceitos já conhecidos, vejamos:

Há dois tipos de organizadores prévios: quando o material de aprendizagem é não familiar, quando o aprendiz não tem subsunçores recomenda-se o uso de um **organizador expositivo** que, supostamente, faz a ponte entre o que o aluno sabe e o que deveria saber para que o material fosse potencialmente significativo. Nesse caso o organizador deve prover uma ancoragem ideacional em termos que são familiares ao aprendiz. Quando o novo material é relativamente familiar, o recomendado é o uso de um **organizador comparativo** que ajudará o aprendiz a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva e, ao mesmo tempo, a discriminá-los de outros conhecimentos já existentes nessa estrutura que são essencialmente diferentes, mas que podem ser confundidos (Moreira, 2012, p. 11 *grifo nosso*).

Esses dois tipos de organizadores prévios podem ajudar o estudante a construir os conhecimentos que estavam faltando para incorporar novos subsunçores e a experiência mostra outra realidade, conforme esclarece nas palavras do teórico:

Com a primeira finalidade os resultados têm sido modestos: a pesquisa (e.g., Luiten et al., 1978) tem mostrado que o efeito dos organizadores prévios existe, mas é pequeno. Se o aluno não tem subsunçores relevantes à aprendizagem de novos conhecimentos, o melhor é facilitar, promover, a sua construção antes de prosseguir (*idem*).

Nesse sentido, a segunda alternativa mostra-se mais adequada para a promoção e consolidação de novos subsunçores. Considerando a relevância da história da Física na contextualização dos conceitos dessa ciência, ela se apresenta como uma ferramenta eficaz para a construção de subsunçores e pode atuar como um organizador prévio. Além disso, contribui para o engajamento dos estudantes, à medida que desmistifica o processo de construção do conhecimento físico, possibilitando que ideias intuitivas sejam reorganizadas de forma significativa para o aluno.

2.6 APRENDIZAGEM MEMORÍSTICA

Neste tópico objetiva-se apresentar a aprendizagem tradicional de estratégia mecânica e suas deficiências para uma prática eficaz no ensino-aprendizado, assim é sabido demonstrar que a aprendizagem mecânica quando comparada com a aprendizagem significativa apresenta falhas em diversos aspectos, assim, a transformação da passagem da aprendizagem mecânica para a significativa não é natural.

Na prática escolar o mais comum é a aprendizagem por memorização, conhecida aprendizagem mecânica, ela é responsável muitas vezes pelo padrão de

aprendizagem dos alunos em todos os níveis de ensino. Essa prática vem perdurando a muitas gerações de estudantes.

Desse modo, essa prática de ensino-aprendizagem não necessita de um preparo prévio tão exigente por parte do professor, a aprendizagem mecânica se configura como a mais utilizada, também motivada por fatores históricos, quanto a aprendizagem significativa, que se caracteriza por uma preparação em termos de anterior a aula, bem como a formação do professor.

Por aprendizagem mecânica, entende-se um método em que o aluno vai utilizar a memorização unicamente como meio de aprendizado, além disso, é um modo de estudar sem que se entenda realmente o tema, geralmente o estudante não desenvolve um discernimento crítico em relação ao conteúdo estudado. Esse método pode parecer útil, pois caracteriza como um primeiro passo importante na aprendizagem, tendo como problema o fato de evitar na memorização sem um prosseguimento na elaboração e aprendizagem.

A aprendizagem mecânica caracteriza-se por uma articulação em que a memorização é priorizada, sem que se tenha uma preocupação com discursão crítica dos conceitos estudados, como apontado pela teórica:

A aprendizagem mecânica ou também conhecida como memorística se dá com a absorção literal e não substantiva do novo material. O esforço necessário para esse tipo de aprendizagem é bem menor, daí decorre o motivo de ser tão utilizado para preparação de exames escolares. Especialmente aqueles exames que exigem respostas (Rossi *et al*, 2024, p. 06).

O que ocorre no processo de ensino-aprendizagem o aluno deve se tornar capaz de articular respostas prontas, mas geralmente o senso crítico não se torna aguçado suficientemente, deixando assim a aplicação do conhecimento prejudicado. As situações do mundo real geralmente se tornam obstáculos em que o aluno tem dificuldades de transitar com facilidade, deixando claro que a memorização não pode ser a prioridade, os ganhos para a aprendizagem são baixos, como deixa claro, Tavares:

literais às suas perguntas e que não exijam do aluno uma capacidade de articulação entre os tópicos do conteúdo em questão. Apesar de custar menos esforço, a aprendizagem memorística é volátil, com um grau de retenção baixíssimo na aprendizagem de médio e longo prazo (Tavares, 2024, p. 56).

Outro fator que deve ser observado é que a aprendizagem mecânica, muitas vezes causa o desinteresse do estudante, mesmo quando os alunos estão obtendo sucesso nas avaliações, que geralmente é o objetivo desse tipo de aprendizagem. Os alunos não são participativos nesse tipo de aprendizagem, torna o processo mais cansativo, deixando assim, brechas para que se tenha o desinteresse, o aluno se torna passivo no processo, deixando a carga de atividade toda para o Professor, que é o único detentor de conhecimento no processo.

As habilidades que envolvem a criatividade, ou mesmo a criação e desenvolvimento de informações, muitas vezes são desencorajadas na aprendizagem mecânica, em vez disso a memorização do conhecimento já construído e perfeitamente fixando no cânone é incentivado, no qual a resolução de problemas são os já clássicos no meio em que estão inseridos, sem que necessariamente tenha alguma relação com a realidade.

Outro fator importante, que é esquecido na aprendizagem mecânica, são as habilidades, que para o bom funcionamento da sociedade e mesmo para a boa compreensão e relação de um indivíduo com outros indivíduos, ou mesmo do indivíduo com os problemas do cotidiano, no trabalho ou mesmo da vida, são as habilidades, como a colaboração, comunicação e principalmente o pensamento crítico, habilidades essas que são observadas sua necessidade, cada vez mais nos ambientes de trabalho e escolar. Na aprendizagem mecânica, essas habilidades são negligenciadas ou mesmas, desacreditadas, na medida que não são trabalhadas em sala de aula.

Na aprendizagem mecânica, muitas são as deficiências que o aluno adquire ao longo do processo, mesmo que ela promova uma retenção de curto prazo, que podem ser úteis para processos práticos, como ser aprovado em um concurso, não promove o crescimento intelectual do aluno, como um agente crítico, que consegue resolver problemas de maneira eficiente e prática.

Então, uma abordagem mais centrada no aluno, torna-se uma prerrogativa essencial, que deve ser adotada com frequência progressiva, pois o mundo real cada vez mais insere problemas em que a criatividade é fator essencial para a resolução das problemáticas pedagógicas atuais. É evidente que uma aprendizagem mecânica pode se constituir em uma aprendizagem significativa, mas não de forma natural como se pode pensar, mas uma série de fatores pode contribuir na passagem da aprendizagem mecânica para a significativa, nas palavras de Moreira:

a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno pode inicialmente aprender de forma mecânica, pois, ao final do processo a aprendizagem acabará sendo significativa; isto pode ocorrer, mas depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor; na prática, tais condições muitas vezes não são satisfeitas e o que predomina é a aprendizagem mecânica (Moreira, 2012, p. 12).

A aprendizagem mecânica dificilmente irá ser uma fase de ressignificação para se transformar numa aprendizagem significativa, ocorrendo apenas quando subsunçores adequados estarão presentes na estrutura cognitiva do discente, também dependerá da predisposição do sujeito envolvido na aprendizagem, fato esse que quase sempre não é o que ocorre na realidade da sala de aula.

2.7 FORMAS E TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Nesse tópico busca-se apresentar as formas e tipos de aprendizagem significativa, bem como sua importância para o ensino de física, relacionando a história da Física aos conteúdos abordados na sala de aula. Assim, apresentamos as formas e tipos e logo após correlacionamos com a história da Física. O pesquisador Moreira distingue-se três formas e três tipos de aprendizagem significativa, vejamos:

Pode-se distinguir entre três *formas* de aprendizagem significativa: por *subordinação*, por *superordenação* e de modo *combinatório*. Analogamente, pode-se identificar três *tipos* de aprendizagem significativa: *representacional* (de representações), *conceitual* (de conceitos) e *proposicional* (de proposições) (Moreira, 2012, p.42-43).

A aprendizagem significativa subordinada é aquela que os conhecimentos adquirem significados por um processo de ancoragem, resumidamente, um conhecimento potencialmente significativo pode adquirir significado, por meio, dessa forma de aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa por superordenação envolve processos de abstração, indução, síntese que farão os conhecimentos que deram origem a esse novo conhecimento adquiram significados, já o combinatório exige interações com vários conhecimentos para dar origem a um novo conhecimento.

Quanto aos tipos tem-se o representacional, que se constitui como símbolos arbitrários que adquirem significados unívoco, resumidamente significa apenas o referente, já o tipo de aprendizagem conceitual definido quando o indivíduo começa a

perceber regularidades e objetos, assim passa a representar por determinados símbolos; por último, há aprendizagem significativa a proposicional que é aquela que o sujeito passa a significar novas ideias em forma de proposição. Com essas três formas e três tipos conseguimos identificar que as maneiras de aprender significativamente são diversas, principalmente devido as formas e tipos se relacionarem de diferentes maneiras.

Outro ponto importante que deve ser compreendido é a distinção entre os diferentes tipos de aprendizagem. A aprendizagem significativa não significa que o sujeito nunca mais esquecerá o que aprendeu — esse é um equívoco comum. Na verdade, mesmo aprendizados significativos podem ser esquecidos se não forem praticados. No entanto, diferentemente da aprendizagem mecânica, a aprendizagem significativa permite uma recuperação mais rápida das informações, justamente por estarem melhor assimiladas e relacionadas a conhecimentos prévios.

Quando se adquire um conhecimento o estímulo da memória é o suficiente para recordar o esquecido, diferentemente da aprendizagem mecânica que o esquecimento é definitivo, assim, necessita outro processo de apreensão do conhecimento, configurando-se como reaprendizagem. Ausubel chamava esse esquecimento de assimilação obliteradora, que seria uma perda progressiva dos conhecimentos que deram origem aos novos conhecimentos, entretanto, fica resíduos capazes de recuperar o que foi esquecido.

Utilizar a história da Física como recurso pedagógico permite contextualizar as formas e os tipos de aprendizagem significativa, facilitando a assimilação dos conteúdos de maneira mais rápida e com menor esforço. As experiências vivenciadas pelos alunos ao longo desse processo tornam-se uma rica fonte de aprendizado, promovendo uma transformação na abordagem tradicional do ensino de Física. A reflexão proporcionada pelo aprofundamento dos conteúdos favorece novas aprendizagens, ao permitir que os estudantes relacionem conhecimentos prévios com novos saberes, contribuindo para o desenvolvimento contínuo da compreensão da Física.

2.8 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E SEUS FACILITADORES

Nesse tópico, explicaremos o que são os facilitadores de aprendizagem na teoria da aprendizagem significativa, além disso, o objetivo é mostrar que a história da Física pode ser um auxílio importante para esse desenvolvimento do ensino de Física.

Quando se fala em facilitar a aprendizagem, alguns elementos importantes devem ser considerados. Um deles, já mencionado anteriormente, são os organizadores prévios. Esses recursos podem contribuir significativamente para o processo de aprendizagem, especialmente quando o indivíduo não possui subsunçores adequados ou não consegue estabelecer as devidas relações com os conhecimentos prévios. Por esses e outros motivos, os organizadores prévios são extremamente valiosos.

Outro recurso facilitador da aprendizagem são os mapas conceituais, que consistem em diagramas construídos com base em regras específicas e que estabelecem relações entre conceitos importantes. Eles podem ser um auxílio valioso para a aprendizagem, especialmente por favorecerem a construção de significados, promovendo, assim, a aprendizagem significativa. Outra ferramenta enriquecedora são os diagramas V, que estabelecem conexões entre o pensamento e a ação, permitindo a produção de conhecimento a partir de questões-foco, observemos as palavras de Moreira:

Poder-se-ia, no entanto, falar também *em estratégias e instrumentos* (didáticos) facilitadores da aprendizagem significativa. Quais seriam? Um deles já foi mencionado: o *organizador prévio*. Outro instrumento muito frequentemente associado à aprendizagem significativa é o mapeamento conceitual. *Mapas conceituais* (Novak e Gowin, 1984; Moreira, 2006) são diagramas conceituais hierárquicos destacando conceitos de um certo campo conceitual e relações (proposições) entre eles⁴. São muito úteis na diferenciação progressiva e na reconciliação integrativa de conceitos e na própria conceitualização. *Diagramas V* (Novak e Gowin, 1984; Gowin e Alvarez, 2005; Moreira 2006), instrumentos heurísticos enfatizando a interação entre o pensar (domínio conceitual) e o fazer (domínio metodológico) na produção de conhecimentos a partir de questões-foco, são também tidos como facilitadores da aprendizagem significativa (Moreira, 2012, p. 23).

Esses três instrumentos podem contribuir significativamente para a aprendizagem, especialmente quando o indivíduo não possui subsunçores adequados. Além disso, auxiliam ao promover a relação entre conceitos. Ao conectar ideias e teorias distintas, a história da Física favorece a integração de conteúdos, facilitando a assimilação por parte dos alunos. Quando esses facilitadores de aprendizagem são associados ao contexto histórico da Física, despertam o interesse

dos estudantes e estimulam o desenvolvimento de novas habilidades, tornando o aprendizado um agente de transformação. Dessa forma, prepara-se o alunado para a incorporação de novos conceitos e a construção de significados mais profundos no âmbito da aprendizagem científica.

2.9 AVALIAÇÃO NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

É bem sabido que a avaliação se constitui um fator importante no cotidiano escolar, geralmente a aprendizagem do aluno gira em torno de uma avaliação sobre determinado assunto, diante de tais preocupações os alunos podem entender que o objetivo de seu estudo é conseguir uma boa nota, não necessariamente aprender, mas estudar para conseguir um bom resultado na prova.

Com essa perspectiva pode surgir a aprendizagem mecânica, sendo muitas vezes uma avaliação que geralmente se constitui por uma prova onde o aluno tem que responder questões sem auxílio de livros ou outros meios, fica evidente que uma aprendizagem mecânica se torna o caminho mais fácil, mesmo que não se tenha um significado para aquela aprendizagem.

Para Ausubel uma avaliação deveria ser um problema onde o aluno deveria resolver uma situação problema, o aluno resolveria uma nova situação nunca vista por ele e que ele poderia utilizar a aprendizagem adquirida com a prática significativa de estudo, como explica o teórico:

Portanto, a avaliação da aprendizagem significativa deve ser predominantemente formativa e recursiva. É necessário buscar evidências de aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não. É importante a recursividade, ou seja, permitir que o aprendiz refaça, mais de uma vez se for o caso, as tarefas de aprendizagem. É importante que ele ou ela externalize os significados que está captando, que explique, justifique, suas respostas (Moreira, 2012, p. 24).

A busca por evidências de aprendizagem é fator importante e relevante para a avaliação na aprendizagem significativa, para isso o Professor deve buscar o que os alunos estão expondo com suas ideias expostas na avaliação, assim a avaliação se constituirá um aprendizado para o aluno.

2.10 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL E O FUTURO

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel promove uma aquisição de conhecimento mais enriquecedora tanto para o aluno quanto para o professor envolvido no processo. Ao conectar saberes prévios a novos conhecimentos, possibilita a construção de novas perspectivas e visões de mundo para ambos.

A abordagem integradora e participativa favorece a consolidação do conhecimento de forma duradoura, permitindo sua recuperação de maneira rápida e eficiente. Dessa forma, os conteúdos aprendidos tornam-se facilmente transferíveis e aplicáveis à vivência do aluno.

Além disso, a aprendizagem significativa facilita a resolução de problemas complexos, pois a construção do conhecimento com significado é um passo essencial para um aprendizado eficaz. Diferentemente da aprendizagem mecânica, esse método envolve o aluno ativamente no processo educativo, tornando-o mais engajado. Trata-se, portanto, de uma abordagem prática e motivadora, capaz de promover uma educação de qualidade e resultados mais consistentes.

Considerando que a estrutura cognitiva do aluno interage com seus conhecimentos prévios e que esses conhecimentos devem ser progressivamente construídos, é possível afirmar que o contexto histórico pode tanto motivá-lo quanto favorecer a construção de subsunçores. Isso ocorre porque o estudante passa a compreender como os conceitos foram desenvolvidos e como experimentos foram realizados para validar determinadas teorias.

Quando a história da Física revela as origens de conceitos fundamentais para a compreensão da disciplina, ela funciona como um organizador prévio, estabelecendo relações entre o conhecimento já adquirido pelo aluno e o que ele ainda irá aprender. Assim, ao perceber que a construção das teorias científicas não ocorre de maneira linear, o estudante é incentivado a estruturar melhor seu aprendizado, promovendo uma organização mais eficaz em sua própria cognição.

Como exemplificam Moreira e Masini:

A principal função dos organizadores é, então, superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber, antes de poder aprender a tarefa apresentada. Permitem prover uma moldura ideacional para incorporação e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue na aprendizagem, bem como aumentar a discriminabilidade entre este e o outro similar já incorporado na estrutura cognitiva ou, ainda, ressaltar as ideias ostensivamente conflitivas (Moreira; Masini, 1982, p. 12).

Diante dessas afirmações, torna-se fundamental a aplicação da História da Física para instigar os alunos a aprenderem a disciplina de maneira mais concreta e significativa. Ao estabelecer correlações entre os conhecimentos já adquiridos e os novos conteúdos, a história desempenha diversas funções essenciais. Entre elas, destaca-se a desmistificação de conceitos equivocados sobre a ciência, promovendo maior interesse e incentivando a construção de novos saberes.

3 AS LEIS DE NEWTON

3.1 NEWTON E SUAS LEIS

As leis de Newton, formuladas pelo físico e matemático britânico Sir Isaac Newton no século XVII, representam um marco fundamental na compreensão do movimento e das forças que atuam sobre os corpos físicos. Elas foram publicadas pela primeira vez em 1687, na obra monumental intitulada *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Princípios Matemáticos da Filosofia Natural), comumente conhecida como *Principia*.

Antes das leis de Newton, as concepções predominantes sobre o movimento eram baseadas nas obras de filósofos gregos, como Aristóteles, cuja visão influenciou o pensamento por séculos. Aristóteles postulava que os objetos em movimento continuariam a se deslocar apenas enquanto uma força estivesse sendo aplicada a eles. Embora intuitiva, essa perspectiva não fornecia uma explicação precisa para as complexidades do movimento observado na natureza. As três leis de Newton, formuladas de maneira clara e concisa, estabeleceram os fundamentos da mecânica clássica e revolucionaram a maneira como compreendemos e descrevemos o movimento.

Com a crescente expansão do conhecimento científico que se deu com o início da idade moderna, o saber técnico expandiu-se rapidamente com figuras como Kepler e Galileu Galilei demonstrando o grande alcance da matemática aplicada a desvendar os fenômenos da natureza, cientistas nesse intuito começaram a surgir e alcançar cada vez mais longe os mistérios da natureza. As três leis conhecidas como Leis de Newton, são leis de enunciado simples que explicam conceitos ainda não entendido ou que se passava de maneira muito simplória diante das mentes científicas de sua época, como a primeira lei de Newton a lei da inércia.

Em seu livro: *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Isaac Newton lança as bases do que seria a descoberta que mais impulsionou o conhecimento científico, nunca antes na história em livro de Física teve tanta influência como os *principia* de Newton, com uma mente capaz de saber antes da verdade que a demonstração matemática ele conseguiu unificar conhecimentos nunca antes visto na história humana como afirma Santos:

Neste livro, escrito em latim (a primeira tradução para inglês data de 1729), Newton apresentou os resultados da sua investigação sobre movimento, na forma de três leis de aplicação universal a qualquer tipo de movimento, quer na Terra quer no Céu (Santos; 2021, p.1).

São três Leis simples que conseguiram explicar o movimento que qualquer partícula tanto na terra como no espaço demonstrando sua universalidade as descobertas de Newton só vieram a ser contestadas mas não descartada no século XX por meio da teoria da relatividade de Einstein outro gênio que causou revolução na ciência, claro, não chegou a ser desacreditada mas limitadas em alguns aspectos fato que não convêm a ser detalhada aqui, o que se tem de concreto é sua grande importância para a expansão do saber científico no mundo.

Newton foi o mais universal entre todos os cientistas de sua época, primeiro por ter um vasto conhecimento não se limitando a Física, mas a muitas outras áreas do conhecimento e principalmente por sua descoberta que mostrou isso muito claramente se diferenciando de outros grandes cientistas que vieram antes ou mesmo da mesma época de sua vida, como no caso de Galileu Galilei como aponta Sir James Jeans em sua História de Física, Jeans:

A mecânica de Galileu havia se limitado a terra e como procede os corpos terrestres porem Newton queria demonstrar que os movimentos e os corpos celestes poderiam ser explicados com base em princípios similares. Do começo do terceiro livro dos principias diz que “utilizando os mesmos princípios demonstra a estrutura do sistema do mundo”, e procede a identificar uma mecânica completa dos céus. Demonstra que a gravitação segue a lei da razão do inverso do quadrado, então os planetas devem mover-se exatamente de acordo com as leis de Kepler [...] (Jeans; 1953, p.227).

Newton mostrou e explicou os acontecimentos da natureza com base nas três leis do movimento, demonstrando assim o grande gênio que era pois conseguiu ser simples na medida que traduz aos fenômenos naturais com base em três leis simples e que são facilmente enunciadas. Ele conseguiu ser universal expandido suas leis para todo o universo como ele mesmo aponta, deferentemente de Galileu que foi mais limitado apesar de ele ter já enunciado a primeira lei de Newton antes mesmo de Newton, mas Newton reconhece sua contribuição em seu famoso dito quando em resposta a rivais científicos.

A primeira lei de Newton conhecida também com lei da inércia, pode ser enunciada da seguinte maneira de acordo com Santos (2021, p.1): *Na ausência de forças exteriores, um corpo em repouso mantém-se em repouso, e um corpo em movimento mantém o seu estado de movimento, com velocidade constante em direcção, sentido e módulo.* A segunda lei de Newton pode ser enunciada da seguinte forma Santos (2021, p.2): *Um corpo actuado por uma força externa, F , tem uma aceleração, a , na mesma direcção e sentido da força, de módulo proporcional ao módulo da força. A constante de proporcionalidade é a massa do corpo (uma grandeza sempre positiva).* Já a terceira lei de Newton pode ser enunciada como apresentada a seguir Lopes dos Santos (2021, p.2): *Para toda a ação (força) de um corpo A sobre um corpo B, existe uma reação (força) de B sobre A oposta (mesmo módulo, mesma direcção e sentido contrário).*

Tanto a primeira lei de Newton com a segunda lei, pode se dizer que tiveram origem nos experimentos de Galileu que demonstrou a relação entre movimento e força como bem expressa Jeans:

Os experimentos de Galileu revelaram a relação entre movimento e força, e Newton adotou completamente o sistema mecânico de Galileu, expressando-o nos dois primeiros de seus três axiomas ou leis do movimento (Jeans; 1953, p.224).

A primeira lei, a lei da inércia como chamou Galileu, e a segunda o princípio fundamental da dinâmica são colocados terminologia antes de seus enunciados para que não deixasse dúvida na explicação dos fatos com expressa Jeans:

Antes de enunciar essas leis, Newton apresentou uma série de definições com o objetivo de explicar a terminologia nelas empregada. Essas definições e os axiomas ou leis do movimento são fundamentados de forma semelhante aos axiomas da geometria de Euclides e obtiveram praticamente o mesmo sucesso (Jeans; 1953, p.224).

Essas duas primeiras leis se mostraram bem aceitas na comunidade científica e demonstraram sua validade à medida que foram sendo testadas ao longo do tempo, a terceira lei de Newton demonstra que em uma ação existe uma reação com mesmo módulo mesma direção e sentido oposto, com essa lei Newton coloca o seu nome na criação Física realmente como aponta Jeans (1953, p.227): *As Leis I e II foram retiradas inteiramente de Galileu, mas a Lei III foi do próprio Newton.* Com sua

criatividade e inteligência Newton mostrou para o mundo novas possibilidades que ainda não havia sido pensada até aquele momento da história, assim, iniciou-se uma nova época na ciência moderna.

3.2 AS LEIS

Quando se trata de mecânica clássica, o objetivo principal é analisar o movimento de um objeto e como a interação com outros corpos ao seu redor provoca mudanças nesse movimento, alterando sua velocidade e, conseqüentemente, gerando uma aceleração. O interesse central da mecânica clássica é determinar a posição futura de um objeto cujas propriedades físicas, como massa e volume, são conhecidas. Assim, o desafio consiste em prever suas futuras posições com base na medição das interações com outros corpos.

Para analisar o movimento, muitas vezes é necessário idealizar os estudos dos objetos. Por exemplo, ao estudar um carro em movimento, ele pode ser considerado uma partícula, o que significa que os movimentos internos do veículo são desprezíveis ou podem ser ignorados. Essa idealização facilita a análise de sistemas físicos e simplifica os cálculos.

A interação de um corpo com sua vizinhança é descrita por meio de uma força F , que é responsável por alterar seu estado de movimento. As forças costumam ser representadas por vetores, o que exige a especificação da direção e do sentido. Para combinar forças, utilizam-se as regras de adição vetorial.

A força está presente tanto nas leis do movimento quanto nas leis das forças, que juntas constituem os princípios fundamentais da mecânica clássica. Esse sistema não pode ser analisado isoladamente; ao contrário, deve ser avaliado como um todo. Sua validade é confirmada por meio de duas questões essenciais: primeiro, se os resultados obtidos correspondem aos dados experimentais; segundo, se as leis das forças possuem uma formulação simples e coerente. Felizmente, ambas essas questões são respondidas positivamente, garantindo a consistência do sistema.

As três leis de Newton, apesar de parecerem inicialmente simples, representam um dos avanços mais significativos da ciência. Por trás de seus enunciados diretos, há um profundo significado e uma ampla aplicação. Einstein já afirmava que as leis da natureza devem ser formuladas de maneira clara, mas sem serem simplificadas

em excesso. Para compreender completamente suas implicações, as leis serão apresentadas separadamente e analisadas em seus significados.

3.3 PRIMEIRA LEI DE NEWTON

Resnick, Halliday e Krane (2003, p. 48) esclarece que uma força externa é necessária para colocar um corpo em movimento, mas nenhuma força adicional é necessária para mantê-lo em movimento com velocidade constante. Essa constatação não foi originalmente formulada por Newton, mas sim por Galileu, que primeiro expressou essa observação em termos físicos apropriados. Newton posteriormente refinou e formalizou essa ideia, permitindo uma compreensão mais precisa do princípio envolvido. Podemos, então, afirmar que não há distinção entre um corpo sobre o qual nenhuma força externa atua e um corpo cuja soma ou resultante de todas as forças externas seja nula.

H. Moysés Nussenzveig (2013, p. 93) enuncia a primeira lei de Newton da seguinte forma, "Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele."

Esse princípio, conhecido como a Lei da Inércia, é fundamental para a resolução de problemas físicos, como a escolha de referenciais. Pelo enunciado, é possível deduzir a existência de sistemas de referência nos quais um corpo não sofre aceleração. Quando isso ocorre, esses sistemas são denominados sistemas inerciais.

Embora pareça um conceito intuitivo, a primeira lei de Newton desempenha um papel essencial na identificação de referenciais especiais nos quais as leis da mecânica clássica podem ser aplicadas. A aceleração de um corpo depende do sistema de referência utilizado para a medição, tornando imprescindível a adoção de um referencial inercial.

Para verificar se um determinado sistema de referência é inercial, um corpo de teste é colocado em repouso dentro do sistema e assegura-se que nenhuma força resultante atua sobre ele. Se o corpo não permanecer em repouso, o referencial não é inercial. Da mesma forma, se o corpo estiver em movimento com velocidade constante e houver qualquer alteração na velocidade, intensidade ou direção, o sistema de referência também não será inercial. Por outro lado, um sistema que atende a essas condições podem ser consideradas inercial.

3.4 FORÇA

Um corpo acelera quando uma força age sobre ele e desacelera caso uma força atue em sentido contrário ao seu movimento. Para conceituar força, sua definição e desenvolvida operacionalmente com base na aceleração que ela produz quando aplicada a um determinado corpo.

3.5 MASSA

É possível estabelecer uma relação entre força e massa. Quando a mesma força é aplicada a objetos diferentes, observa-se que aquele de menor massa adquire uma aceleração maior em comparação ao mais massivo. Isso ocorre porque um corpo de maior massa requer uma força proporcionalmente maior para atingir a mesma velocidade que um corpo mais leve. Dessa forma, Resnick, Halliday, Krane (2003, p. 52) definem massa como a propriedade de um corpo que determina sua resistência a mudanças em seu movimento.

Resnick, Halliday, Krane (2003, p. 53) esclarecem que a aceleração é diretamente proporcional à força aplicada e inversamente proporcional à massa do objeto, o que significa que quanto maior a massa, menor será a aceleração produzida por uma determinada força. Assim, a massa de um corpo pode ser vista como uma medida quantitativa de sua resistência à aceleração quando submetido a uma força externa.

Então pelo os mesmos autores Resnick, Halliday, Krane (2003, p. 53) Esta observação fornece uma maneira direta de comparar a massa de dois corpos diferentes: aplica-se a mesma força a ambos os objetos e mede-se a aceleração resultante. A razão da massa dos dois corpos é igual à razão inversa das acelerações. Suponha, por exemplo que se aplica uma força $\vec{F}$ ao corpo padrão (cuja massa toma-se como sendo m_{pad}) e se mede uma aceleração a_{pad} . Em seguida pode-se notar que a mesma força $\vec{F}$ aplicada a um corpo x de massa desconhecida m promove uma aceleração a_x . Estabelecendo-se razões, obtém-se

$$\frac{m_x}{m_{pad}} = \frac{a_{pad}}{a_x} \text{ (mesma força } \vec{F} \text{ atuando)} \quad (1.1)$$

Isto permite determinar a massa do corpo desconhecido, termos da massa do corpo padrão escolhido. Se uma força diferente, $\vec{F}'$, é aplicada ao corpo padrão e a um corpo x , promovendo uma aceleração a'_{pad} e a'_x , a razão entre as acelerações associadas a força $\vec{F}'$ é igual à razão obtida pela força $\vec{F}$:

$$\frac{m_x}{m_{pad}} = \frac{a_{pad}}{a_x} = \frac{a'_{pad}}{a'_x} \quad (1.2)$$

Assim, para uma massa desconhecida m_x obtém-se o mesmo valor, não importando o valor da força comum. A razão de massa m_x/m_{pad} é independente da força. Através da simples extensão deste procedimento, é possível comparar as massas de dois corpos quaisquer em vez de comparar um único corpo padrão. Considere agora, dois objetos arbitrários, com massas m_1 e m_2 . Ao aplicar a força $\vec{F}$ nos dois objetos mede-se uma aceleração a_1 e a_2 , respectivamente. A razão das massas é

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{a_1}{a_2} \text{ (mesma força atuando)} \quad (1.3)$$

Observamos que é idêntica à razão que seria obtida deduzindo-se as massas m_1 e m_2 separadamente, pela comparação direta com o padrão, como na eq. 1.1.

Este procedimento também mostra que quando duas massas m_1 e m_2 são acopladas, elas agem mecanicamente como um objeto único de massa $m_1 + m_2$. Isto demonstra que massas são adicionadas como (e são) grandezas escalares.

3.6 SEGUNDA LEI DE NEWTON

A segunda lei de Newton, fundamental para a Mecânica Clássica, pode ser expressa da seguinte forma:

Quando um corpo está sujeito à ação de uma força, seu movimento ocorre de maneira que a taxa de variação temporal da quantidade de movimento é igual à força aplicada.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (1.4)$$

Nesta equação, $\sum \vec{F}$ é a soma (vetorial) de todas as forças que agem sobre o corpo, m é a massa do corpo e a é a sua aceleração (vetor). Usualmente $\sum \vec{F}$ é denominada força resultante.

A primeira lei do movimento está contida na segunda lei como um caso especial, se $\sum \vec{F} = 0$, então $a = 0$. Porém a primeira lei possui um papel independente na definição dos sistemas de referências inerciais. Sem esta definição não se pode escolher os sistemas de referências para aplicar a segunda lei.

A eq. 1.4 representa uma soma vetorial. Assim como qualquer equação vetorial, esta única equação pode ser escrita através de três equações unidimensionais assim como expressa por Resnick, Halliday, Krane (2003, p. 54).

$$\sum F_x = ma_x \quad \sum F_y = ma_y \quad \sum F_z = ma_z \quad (1.5)$$

Assim, relacionam as componentes x, y e z da força resultante ($\sum F_x, \sum F_y$ e $\sum F_z$) com as componentes da aceleração (a_x, a_y e a_z), para a massa m . Deve ser enfatizado que $\sum F_x, \sum F_y$ e $\sum F_z$ representam, respectivamente, as somas algébricas nas componentes nas direções x, y e z de todas as forças que estão atuando sobre a massa m .

Segundo cita H. Moysés Nussenzveig (2013, p.98) pode-se formular a segunda lei de Newton da seguinte forma “a variação do momento é proporcional à força impressa, e tem a direção da força”.

Segundo os autores Resnick, Halliday, Krane (2003, p. 54) no sistema de Unidade do SI, o corpo padrão possui uma massa de um quilograma e a massa dos objetos é medida comparando-se a massa destes com a do quilograma padrão. Para promover uma aceleração de 1 m/s^2 a uma massa de 1 kg , é necessária uma força de 1 kg m/s^2 . Esta combinação de unidades é chamada de Newton (abreviada por N):

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$$

Se a massa for medida em kg e a aceleração em m/s^2 , a segunda lei de Newton fornece a força em N.

3.7 TERCEIRA LEI DE NEWTON

Os autores Resnick, Halliday, Krane (2003, p. 56) esclarecem que as forças que agem sobre um corpo (denominado A) são devidos a outros corpos presentes na sua vizinhança. Suponha que o corpo B é um desses corpos na vizinhança de A, então, entre as forças que agem sobre o corpo A está $\vec{F}_{AB}$, a força que agem sobre o corpo A que é exercida pelo corpo B. Do mesmo modo, pode-se concentrar a atenção no corpo B. Entre os corpos presentes na vizinhança de B, está o corpo A que exerce uma força $\vec{F}_{BA}$ sobre o corpo B. A terceira lei de Newton trata da relação entre $\vec{F}_{AB}$ e $\vec{F}_{BA}$.

Ainda os mesmos autores Resnick, Halliday, Krane (2003, p. 56) por experiência pode-se constatar que sempre que um corpo exerce uma força sobre outro corpo tem-se uma força com mesma intensidade e sentido oposto que o outro corpo exerce sobre o primeiro corpo. De acordo com S. T. Thornton e J. B. Marion (2011, p. 44) definem a terceira lei de Newton da seguinte maneira “Se dois corpos exercem forças entre si, essas forças serão iguais em magnitude e opostas em termos de direção”.

As forças $\vec{F}_{AB}$ e $\vec{F}_{BA}$ estão relacionadas por

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} \quad (1.6)$$

O sinal negativo indica que as forças agem em sentidos opostos. É comum rotular as duas forças $\vec{F}_{AB}$ e $\vec{F}_{BA}$ como as forças de “ação” e “reação” assim podemos enunciar a terceira lei de Newton de outra forma mais compacta Resnick, Halliday, Krane (2003, p. 57).

A cada ação existe uma reação igual em intensidade e oposta em sentido.

As forças de ação e reação sempre agem em corpos diferentes, um verdadeiro par ação-reação, uma força age sobre o corpo A e a outra sobre o corpo B. Se as forças são cuidadosamente rotuladas, especificando o corpo sobre o qual ela atua e o corpo que exerce a força, então, é possível identificar a força de reação simplesmente trocando o nome dos dois corpos.

3.8 VERIFICAÇÃO DA TERCEIRA LEI DE NEWTON

Os autores Resnick, Halliday e Krane (2003, p. 59), mostram que a verificação da terceira lei de Newton pode ser verificada com o auxílio de transdutores, na palavra dos autores “...preendendo-se transdutores de força a dois carrinhos que colidem em uma pista sem atrito.

Estes transdutores de força estão conectados a um computador que imprime a força instantaneamente em um gráfico, quando os dois carrinhos colidem”. A terceira lei de Newton verificada facilmente com o auxílio de transdutores de força mostra-se aplicável em sala de aula, os transdutores, conectados a um computador, registram e exibem em um gráfico as forças atuantes no instante da colisão.

Independentemente da situação, ao realizar o experimento, observa-se que, após a colisão, o gráfico gerado no computador apresenta forças de mesma intensidade, porém com sentidos opostos.

3.9 PESO E MASSA

Vamos agora considerar um corpo de massa m que é solto próximo à superfície da Terra. Esse corpo cairá com uma aceleração $\vec{g}$ desde que outras forças, como o atrito do ar, sejam desprezíveis. Se assumirmos que a superfície da Terra é um referencial inercial, então podemos aplicar a segunda lei de Newton. Nesse caso, a força resultante sobre o objeto será igual a $m\vec{g}$.

Resnick, Halliday, Krane (2003, p. 60) a força da gravidade exercida para baixo pela Terra sobre um objeto é chamada de peso do corpo. A força da gravidade da Terra sobre um objeto é a mesma, independente se o corpo está em repouso ou caindo; a força possui uma intensidade mg e um sentido na direção do centro da Terra. Em termos de intensidade, o peso p é

$$p = mg \quad (1.7)$$

o peso é medido em unidade de força, como newton ou libras.

3.10 DIFERENÇA ENTRE PESO E MASSA

Peso e massa são conceitos distintos, apesar de, no cotidiano, o termo "peso" ser frequentemente usado como sinônimo de "massa". Do ponto de vista físico, no entanto, são grandezas diferentes.

O peso de um corpo depende de sua massa, mas o contrário não ocorre. Em diferentes lugares, o peso pode variar; por exemplo, na Terra e na Lua, um mesmo objeto terá pesos distintos. Já sua massa permanecerá inalterada, pois o peso depende da força gravitacional do local, enquanto a massa é uma propriedade intrínseca do objeto e não é afetada por essa variação.

3.11 APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON EM UMA DIMENSÃO

A resolução de problemas utilizando as leis de Newton exige uma abordagem específica para cada caso. No entanto, a base para essa resolução está na segunda lei de Newton, abordada na seção 3.6.

Para aplicar corretamente essas leis, é necessário estudar problemas que geralmente envolvem dois ou mais corpos. Esses corpos devem ser tratados como partículas, permitindo que todas as forças sejam consideradas atuando em um único ponto. Além disso, assume-se que as molas não possuem massa e são inextensíveis. Essas simplificações tornam a resolução dos problemas mais acessível e objetiva.

3.12 LIMITAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON

As leis de Newton são adequadas para o estudo de partículas macroscópicas em baixas velocidades, comparadas à velocidade da luz. No entanto, a Mecânica Newtoniana torna-se inadequada para descrever fenômenos do mundo microscópico e partículas com velocidades próximas ou iguais à da luz. Para o primeiro caso, utiliza-se a Mecânica Quântica; para o segundo, a Relatividade Restrita e Geral.

A Mecânica Newtoniana apresenta limitações fundamentais quando pequenas distâncias ou altas velocidades estão envolvidas. Dificuldades também surgem ao estudar objetos de grande massa ou distâncias enormes. Outra limitação ocorre quando o sistema envolve muitos corpos. Um exemplo disso é a impossibilidade de obter uma solução geral, em forma fechada, para o movimento de sistemas com mais de dois corpos interagindo. Para interações envolvendo três ou mais corpos, é necessário recorrer a métodos numéricos de aproximação.

4 METODOLOGIA

Este capítulo apresentará uma descrição completa do processo de desenvolvimento do produto educacional. Inicialmente, a intenção era elaborar uma sequência didática sobre as leis de Newton, abordando o conteúdo sob uma perspectiva histórica, fundamentada na teoria da aprendizagem de David Ausubel.

No entanto, antes mesmo do início da aplicação, percebeu-se que seria interessante e mais envolvente complementar a abordagem histórica com um experimento. Dessa forma, o conteúdo poderia ser melhor contextualizado, tornando a aprendizagem mais dinâmica e significativa.

4.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Optou-se por uma abordagem qualitativa nesta pesquisa, principalmente por envolver dados coletados de seres humanos. Considerou-se que essa abordagem seria mais adequada, proporcionando uma compreensão mais profunda dos dados obtidos.

Além disso, levou-se em conta que a abordagem quantitativa pode, em algumas situações, ser reducionista, tornando menos evidente a complexidade das informações analisadas.

Assim, para os pesquisadores:

Assume-se, nesta perspectiva, que desses sentidos e significados é que se alimenta nosso conhecer e são eles que traduzem as mudanças dinâmicas no campo social, no campo educacional, cuja compreensão pode trazer uma aproximação do real mais condizente com as formas humanas de representar, pensar, agir situar-se etc (Gatti; André, 2013, p. 29).

Segundo Guerra (2007), a pesquisa qualitativa pode assumir diferentes abordagens, como a fenomenológica, etnográfica e outras. Além disso, é essencial buscar métodos confiáveis para obter dados sólidos, garantindo uma amostra adequada que reflita com precisão a realidade do caso estudado, destacando aspectos mais relevantes para a sociedade.

Uma questão fundamental precisa ser abordada: diante da redução da carga horária da disciplina de Física no ensino médio, como o professor pode ministrar um grande volume de conteúdo sem perder a atenção e o interesse dos alunos? Trata-se

de um problema urgente que demanda soluções igualmente rápidas. Aulas experimentais, por mais enriquecedoras que sejam, nem sempre podem ser utilizadas de forma rotineira. Por outro lado, a explicação teórica apenas no quadro pode se tornar monótona para os alunos, especialmente em uma era de avanços tecnológicos cada vez mais atrativos para os jovens.

Diante disso, uma abordagem que combine experimentos acessíveis e fáceis de desenvolver, alinhados a um contexto histórico, pode contribuir significativamente para o ensino de Física. Assim, optou-se por utilizar uma abordagem histórica com textos narrativos para auxiliar na explicação do conteúdo, complementada pela construção e manuseio de um dinamômetro. Essa estratégia foi aplicada em sala de aula, permitindo a coleta de dados para avaliar a assimilação do conhecimento pelos alunos. Como aponta os estudiosos:

Em pesquisas de abordagem qualitativa, à medida que elementos teóricos são articulados em espaços reflexivos, há uma relevante contribuição para superar desafios de cada realidade investigada. A par dos avanços das pesquisas em educação, não se pode perder de vista que tais pesquisas devem considerar a visão de mundo e, sobretudo, fazer com que se possa compreender tal visão, refletida, principalmente, nos processos educativos (Pesce; Voigt; Garcia, 2022, p. 32).

A pesquisa qualitativa possibilita uma análise mais aprofundada dos estudantes, considerando o contexto social em que estão inseridos. Além disso, ao longo do processo, ela proporciona uma reflexão essencial para a compreensão dos dados coletados. Embora existam outras abordagens igualmente válidas, essa metodologia mostrou-se suficientemente adequada para o caso em questão.

Conforme destacado anteriormente, a abordagem qualitativa revelou-se a mais apropriada para esta pesquisa. Por isso, foi utilizada em todas as etapas, incluindo a análise dos dados coletados. Todos os procedimentos foram acompanhados por este professor, que era o responsável pela turma na escola escolhida para o estudo, cuja descrição será apresentada posteriormente.

4.2 A PRODUÇÃO DOS DADOS DA PESQUISA

Toda a pesquisa foi realizada na escola de tempo integral CETI Pedro Mendes pessoa, escola esta que fica localizada na zona urbano da cidade de Beneditinos estado do Piauí, o CETI Pedro Mendes Pessoa é uma instituição de ensino

pertencente a rede estadual de ensino do estado do Piauí, esta escola conta com 230 matrículas distribuídas nas três séries do ensino médio, a pesquisa relatada nesta dissertação foi realizada do 1º ano A desta escola do total de alunos da turma dezessete concordaram em participar da pesquisa sendo este grupo composto por nove mulheres e oito homens.

Com base na teoria da aprendizagem de David Ausubel, a aprendizagem significativa deve estar presente ao longo do desenvolvimento do projeto em sala de aula. Dessa forma, a abordagem adotada e todo o material utilizado devem ser relevantes para o aluno. Por essa razão, optou-se por uma abordagem qualitativa na pesquisa.

Para a coleta de dados, inicialmente foi apresentada aos alunos a sequência didática, permitindo a obtenção de informações para a formulação de conclusões. Antes disso, foi aplicado um pré-teste com o objetivo de avaliar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o conteúdo a ser abordado com o produto educacional desenvolvido. Esse pré-teste também serviu para orientar a construção da sequência didática, visando suprir as dificuldades dos alunos.

Outro instrumento essencial foi o diário de campo, no qual foram registradas observações importantes para a análise dos dados coletados. Sem esse recurso, aspectos relevantes poderiam ser ignorados devido ao esquecimento de eventos ocorridos ao longo da pesquisa. Afirmam os estudiosos:

Então, logo após o retorno do local de pesquisa, inicia-se um trabalho árduo exigindo que essa transcrição se realize imediatamente. Tal procedimento atua como uma medida “para que a memória não comece a nos trair e a experiência não seja a lembrança da experiência (Teixeira; Pacífico; Barros, 2023, p. 10).

Nessa mesma linha, os pesquisadores reiteram a importância do diário de campo:

[...] a partir da concepção de campo de Bourdieu (2011), dos conceitos etimológicos de Ferreira (2001) e das estruturas descritas por Brandão (1982), Diniz (2017), Bogdan e Biklen (1994) e Malinowski (1967; 1978), consideramos que o diário de campo pode ser explicado como um instrumento prático, simples e útil no campo de pesquisa social. Este, representado por um caderno e uma caneta destinados às anotações detalhadas do pesquisador ao observar o local de pesquisa, os sujeitos e objetos envolvidos no processo (*idem*).

O diário de campo se revela como um instrumento prático e essencial para a pesquisa, desempenhando o papel de registro da mente do pesquisador. Nele, é

possível armazenar informações coletadas em campo para futura análise e reflexão sobre os dados obtidos.

Ao longo de toda a pesquisa, o diário de campo foi utilizado para observar os alunos, especialmente durante a realização de atividades práticas, como o experimento do dinamômetro, além das aulas contextualizadas com a história da Física.

Outra estratégia de coleta de dados, já mencionada anteriormente, foi a aplicação do pré-teste e do pós-teste. O pré-teste teve como objetivo avaliar o conhecimento prévio dos alunos em relação ao conteúdo. Já o pós-teste buscou medir o aprendizado adquirido após as atividades. Para garantir a eficácia desses instrumentos, foram tomados cuidados na elaboração de ambos, assegurando que os testes fossem adequados ao contexto da pesquisa e proporcionassem resultados relevantes. Assim, Gil (1998) escreve “o uso de questionários como técnica de investigação, oportuniza, através de indagações na forma escrita, captar crenças, opiniões, e sentimentos do participante da pesquisa, buscando atingir os objetivos de forma redigida.”

Dessa forma, busca-se a democratização do conteúdo aplicado na pesquisa, garantindo que todos os participantes sejam contemplados de maneira igualitária. A aplicação do pré-teste permite identificar as dificuldades dos alunos, possibilitando ajustes para aprimorar a abordagem do conteúdo.

Por sua vez, o pós-teste oferece um meio de verificar os resultados do programa aplicado, permitindo uma análise objetiva do impacto da metodologia utilizada.

4.3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO PRODUTO EDUCACIONAL

Para a produção de dados na pesquisa, foi elaborada uma sequência didática. Esse método permitiu a coleta de informações relevantes, sendo o produto educacional baseado nessa sequência, a qual inclui um experimento para auxiliar no desenvolvimento da aprendizagem. Os procedimentos adotados serão apresentados a seguir, em um quadro explicativo.

Inicialmente, foi aplicado um questionário — o pré-teste — com o objetivo de identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre o conteúdo que seria abordado,

no caso, as leis de Newton. Após essa aplicação, no encontro seguinte, deu-se início ao estudo do tema.

Vale destacar que o pré-teste também serviu como base de comparação com o pós-teste, aplicado no último encontro, permitindo uma avaliação do aprendizado adquirido ao longo da pesquisa.

Podemos observar no quadro abaixo os passos seguidos para a realização da programação estipulada no cronograma.

Quadro 1: Encontros realizados para aplicação da sequência didática.

ENCONTRO	DATA	CARGA HORÁRIA	OBJETIVOS	O QUE FOI FEITO
1º Encontro	19/11/24	2 h/a	Examinar os conhecimentos prévios dos alunos através de um pré-teste, bem como obtenção de dados para fazer comparações com os pós- teste.	Houve uma conversa explicativa com os discentes, acerca do que era o teste.
2º Encontro	21/11/24	2 h/a	Apresentar que o processo de criação científica não é construído de maneira linear e que existe evolução no desenvolvimento científico, promover o engajamento dos alunos do processo de aprendizagem.	Contextualização histórica da Física, a revolução da Física Newtoniana, discursão de texto historiográfico, apêndice 1.

3º Encontro	25/11/24	2 h/a	Aplicar as três leis de Newton.	Aula expositiva, apresentando as três leis de Newton.
4º Encontro	28/11/24	2 h/a	Visualizar a aplicação das leis de Newton, entender na prática o que é força.	Montagem e utilização de um dinamômetro.
5º Encontro	29/11/24	2 h/a	Coletar informações referente às leis de Newton em relação a sua aplicação.	Coleta de dados para constatar o rendimento dos estudantes depois da aplicação das etapas anunciadas, (Apêndice 2).

4.4 A ANÁLISE DOS DADOS

Após a coleta e organização dos dados, iniciou-se a etapa de análise, que envolveu o exame dos questionários do pré-teste e do pós-teste, além das anotações do diário de campo. Todo o processo seguiu a metodologia de análise de conteúdo de Bardin, tendo como referencial teórico a aprendizagem significativa de David Ausubel.

A interpretação dos dados exige responsabilidade e confiabilidade na comunicação dos resultados, garantindo que as informações sejam corretamente analisadas para alcançar os objetivos da pesquisa. Para isso, é essencial utilizar técnicas adequadas na análise dos dados. A abordagem de análise de conteúdo tem se mostrado extremamente eficiente e apropriada para pesquisas qualitativas, como esta. Nesse contexto, a metodologia proposta por Bardin revelou-se pertinente e adequada para a investigação realizada. Assim, afirmam os pesquisadores:

Dessa forma, os dados produzidos nas pesquisas com abordagem qualitativa precisam ser analisados de forma coerente, utilizando-se de técnicas que oportunizem o olhar reflexivo, compreensivo e dinâmico. A análise de conteúdo

(AC), compreendida como um conjunto de técnicas que busca a compreensão dos sentidos manifestos pelos sujeitos participantes de uma pesquisa, dos documentos analisados, entre outras formas de expressão, tem se apresentado como um dos métodos mais empregados nos estudos no âmbito educacional (Ferreira; Valle, 2023, p. 1399).

Diante do exposto, percebe-se que a técnica aplicada exige atenção e responsabilidade para garantir sua eficácia. No entanto, é essencial compreender o conceito de análise de conteúdo segundo Bardin. Em seu livro *Análise de Conteúdo* (1977), Bardin define essa metodologia da seguinte forma: "Uma técnica de investigação que, por meio de uma descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto das comunicações, tem por finalidade a interpretação dessas mesmas comunicações." (Bardin, 1977, p. 36) O pensamento de Bardin destaca a análise de conteúdo como uma técnica investigativa estruturada e objetiva, voltada para a interpretação de comunicações. Essa abordagem busca não apenas descrever dados de forma sistemática e quantitativa, mas também extrair significados subjacentes que possam contribuir para uma compreensão mais profunda do fenômeno estudado.

A técnica de análise de conteúdo se estrutura segundo três fases como apresenta os autores:

A técnica de pesquisa Análise de Conteúdo defendida por Bardin (2011) se estrutura em três fases: 1) pré-análise; 2) exploração do material, categorização ou codificação; 3) tratamento dos resultados, inferências e interpretação. A validade dos achados da pesquisa é resultante de uma coerência interna e sistemática entre essas fases, cujo rigor na organização da investigação inibe ambiguidades e se constitui como uma premissa fundante (Ferreira; Valle, 2023, p. 1400).

Dessa forma, podemos inferir que a técnica de análise de conteúdo de Bardin, além de ser rigorosa e eficaz, demonstra sua relevância por já ter sido amplamente utilizada ao longo do tempo. Sua eficiência e adequação à pesquisa qualitativa reforçam sua importância como metodologia de análise.

A análise de conteúdo de Bardin é estruturada em três etapas principais. A primeira, **pré-análise**, envolve a leitura flutuante, a seleção dos documentos, a reformulação ou formulação dos objetivos e hipóteses, além da definição dos indicadores. Em seguida, ocorre a **exploração do material**, etapa na qual são criadas categorias para organizar os dados. Por fim, o **tratamento dos resultados** consiste

na interpretação das informações obtidas, possibilitando a extração de conclusões relevantes. Observemos:

A Pré-Análise é a primeira etapa da organização da Análise de Conteúdo. É por meio dela que o pesquisador começa a organizar o material para que se torne útil à pesquisa. Nesta fase, estudiosos devem sistematizar as ideias preliminares em quatro etapas, sendo-as: a leitura flutuante; escolha dos documentos; reformulações de objetivos e hipóteses e a formulação de indicadores, as quais nos darão fim à preparação do material como um todo. [...] Na sequência, temos a exploração do material, fase que tem por finalidade a categorização ou codificação no estudo. Nesta fase, a descrição analítica vem enaltecer o estudo aprofundado, orientado pelas hipóteses e referenciais teóricos (MOZZATO; GRZYBOVSKI, 2011). Neste segmento, a definição das categorias é classificada, apontando os elementos constitutivos de uma analogia significativa na pesquisa, isto é, das categorias. Dessa forma, a análise categorial consiste no desmembramento e posterior agrupamento ou reagrupamento das unidades de registro do texto. Assim, a repetição de palavras e/ou termos pode ser a estratégia adotada no processo de codificação para serem criadas as unidades de registro e, posteriormente, categorias de análise iniciais. [...] A terceira fase diz respeito ao tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Esta etapa é destinada à busca de significação de mensagens através ou junto da mensagem primeira. É o momento da intuição, da análise reflexiva e crítica. Nesta fase, o tratamento dos resultados tem a finalidade de constituir e captar os conteúdos contidos em todo o material coletado por meio dos instrumentos (FOSSÁ, 2013). Esta fase é a “operação lógica, pela qual se admite uma proposição em virtude da sua ligação com outras proposições já aceitas como verdadeiras” (Bardin, 2010, p. 41).

A descrição das etapas da análise de conteúdo destaca a importância do rigor metodológico na organização e interpretação dos dados em pesquisas qualitativas. A pré-análise garante a estruturação inicial do material, enquanto a exploração promove a categorização e codificação das informações, permitindo um estudo aprofundado. Já o tratamento dos resultados envolve reflexão crítica e inferência, assegurando que os dados coletados sejam analisados de forma significativa e conectados aos objetivos da pesquisa. Esse processo fortalece a credibilidade dos resultados e contribui para uma compreensão mais detalhada do fenômeno investigado.

Percebe-se que essa aplicação representa um método rigoroso para a análise de materiais em pesquisas qualitativas.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

5.1 O PRÉ-TESTE

Para iniciar este capítulo, será realizada uma discussão sobre os conhecimentos prévios dos alunos. O objetivo principal é analisar a compreensão inicial dos estudantes sobre as leis de Newton, utilizando a análise de conteúdo de Bardin como metodologia e tendo como referencial teórico a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Para aferir esses conhecimentos, aplicou-se um pré-teste com dezessete alunos do 1º ano do ensino médio. Eles responderam cinco questões desenvolvidas por este Professor, listadas a seguir:

1. Segundo seus conhecimentos, um corpo em repouso tende a permanecer em repouso ou a entrar em movimento? E um corpo em movimento tende a continuar se movendo ou a parar?
2. Com base em seu conhecimento, explique o que é força.
3. O que, na sua opinião, faz uma pessoa ser projetada para a frente quando um ônibus para bruscamente?
4. Uma pedra alcançou uma distância maior à medida que um menino aumentava uma grandeza associada à 2ª Lei de Newton, que afirma: A resultante F das forças aplicadas a um ponto material de massa m produz uma aceleração a tal que $F = m \times a$, ou seja, F e a possuem o mesmo sentido, a mesma direção e intensidades proporcionais. Qual grandeza você acha que o menino aumentou?
5. Uma pessoa conseguiria andar sobre uma superfície perfeitamente lisa? O que nos permite caminhar, por exemplo, na rua? Tente explicar esse fenômeno fisicamente.

Essa etapa foi realizada no primeiro encontro e teve duração de duas horas. Antes da aplicação do pré-teste, os alunos foram orientados sobre como proceder, sendo instruídos a não discutir as perguntas com os colegas nem realizar pesquisas sobre o conteúdo.

A turma possuía um número maior de alunos, mas apenas dezessete optaram por realizar o pré-teste voluntariamente, enquanto o restante, por motivos pessoais, preferiu não participar.

Agora, passamos à análise das respostas dos alunos.

Quadro 2: Resposta da primeira questão do pré-teste.

ALUNO	RESPOSTA
A1	Fica parada por que ela não tem vida própria.
A2	Permanece em repouso. Permanece em movimento.
A3	Permanece em repouso. Só vai entrar em movimento se alguém mexer. Ele tende a parar, podemos usar o exemplo da moeda, quando cai no chão ela gira até parar e fica imóvel.
A4	Ele continua em repouso por que esse corpo estar parado. Eu acho que ele vai parar por que esse corpo não vai ficar em movimento para sempre.
A5	Em repouso. Em movimento.
A6	Tipo, fica em repouso. Já o corpo de um ser humano tem que ficar em movimento.
A7	Permanece em repouso. Tenta ficar em movimento, não para.
A8	Se um corpo estar em repouso eu acho que ele continua em repouso, mas depende da ação. Se ele estar em movimento ele continuará em movimento, mas depende do formato dele ou se tem um objeto na frente que força ele parar.
A9	Repouso. Ele tende a permanecer em movimento.
A10	Quando alguém empurra ela entra em movimento.
A11	Ela fica parada por que não tem vida própria.
A12	Permanece em repouso. Depende do corpo, se o corpo começar a cansar ele vai parar, agora se ele não estiver o corpo pode permanecer em movimento.
A13	São velocidade em movimento tende a permanecer com velocidade para parar a velocidade.
A14	Para. Repouso.
A15	Um corpo em repouso por causa da inércia tende a permanecer seu movimento. Um corpo em movimento, por causa da inércia, tende a permanecer em movimento.
A16	Depende muito da situação, por exemplo se a pessoa estiver dormindo a grande chance dela se movimentar, já quando a pessoa estiver em movimento a grande chance de parar.
A17	Em meus conhecimentos um corpo em repouso um corpo em repouso tende a entrar em movimento, vamos colocar

	em um exemplo: um cachorro se ele para ele tende a entrar em movimento para se locomover. Agora quando estar em movimento tende a parar, no caso de Newton vamos colocar uma maçã se ela cai da árvore precisa parar, no caso, no chão.
--	---

As respostas dos alunos demonstram uma diversidade de compreensões em relação à pergunta que aborda a primeira lei de Newton. Observa-se que a maioria ainda possui uma compreensão inicial dessa lei, recorrendo aos seus conhecimentos prévios, muitas vezes baseados no senso comum e nas experiências cotidianas.

Além disso, uma parcela dos alunos demonstrou dificuldade em interpretar adequadamente a questão, resultando em respostas imprecisas, como se verificou nos estudantes A1, A10, A13, A14, A16 e A17. As respostas de A1 e A11, por sua vez, apresentaram grande semelhança, indicando a possibilidade de troca de informações entre eles.

Por outro lado, os alunos A3, A4, A6, A8 e A12 demonstraram, em parte, um conhecimento prévio mais alinhado à definição da primeira lei de Newton. Já os estudantes A2, A5, A7 e A9 responderam corretamente à pergunta, mesmo sem elaborá-la detalhadamente, reconhecendo que um corpo em repouso tende a permanecer em repouso, e um corpo em movimento tende a continuar se movendo.

Segundo H. M. Nussenzveig (2021), "Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele." Com base nessa definição, podemos inferir que os alunos A2, A5, A7 e A9 foram os que mais se aproximaram da compreensão correta da primeira lei de Newton. Os estudantes A3, A4, A6, A8 e A12 demonstraram algum entendimento da lei, mas ainda relacionam suas respostas ao senso comum, interpretando a questão de acordo com suas vivências cotidianas. Já os alunos A1, A10, A13, A14, A16 e A17 apresentaram menor conexão entre o conhecimento físico e suas experiências diárias.

Portanto, percebe-se que a maioria dos alunos ainda não possui conhecimentos prévios suficientes para estabelecer a relação entre o conteúdo científico e suas vivências do dia a dia. Conforme proposto por David Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações são integradas a conceitos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Nesse caso, nota-se uma

dificuldade dos alunos em associar o novo conhecimento aos saberes previamente adquiridos.

A seguir, analisaremos as respostas à segunda questão, conforme apresentado no quadro abaixo.

QUADRO 3: Resposta da segunda questão do pré-teste.

ALUNO	RESPOSTA
A1	Força é um músculo.
A2	Força muscular.
A3	Eu acho que força é a quantidade de peso que uma pessoa aguenta.
A4	Força é uma pessoa conseguir levantar uma coisa muito pesada como por exemplo um peso de academia.
A5	Força é aquilo que consegue usar para carregar.
A6	Força para mim é algo que a pessoa se esforça muito e ver que precisa de algo até cansar.
A7	Tem força de tudo, tem força muscular e a força do pensamento.
A8	A força na minha opinião é uma função de velocidade com um tipo de ação que acontece no caso.
A9	Um grupo de massa armazenada em nosso corpo.
A10	Algo que empurra um carro bem forte e consegue movê-lo de um local para outro.
A11	A força é uma física que é composta.
A12	Para mim a força é um músculo é a massa de um corpo.
A13	Para ter mais força, velocidade e movimento.
A14	Uma força vem da massa que uma pessoa gera.
A15	A força é uma ação que provoca um deslocamento um movimento.
A16	Força é resistência, conseguir pegar peso e ter controle de algo como objetos e pessoas.
A17	A força nada mais seria como colocar algum impulso como levantar uma caixa, você precisa colocar um impulso para levantar. A força pode se dizer que é um impulso junto com aceleração, como movimentar uma caixa você impulsiona e anda.

Nesta questão, fica evidente que nenhum dos alunos conseguiu definir corretamente o conceito de força. De modo geral, os estudantes A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A9, A10, A11, A12, A13, A14 e A16 associaram força ao corpo humano,

citando exemplos de ações que exigem esforço físico, mas sem relacioná-la como um fenômeno físico.

O aluno A15, por sua vez, foi o que mais se aproximou de uma definição correta, conforme observado no quadro acima. Já os alunos A8 e A17 mencionaram termos como velocidade, ação, aceleração e movimento, sugerindo uma certa aproximação com a realidade física. Segundo Resnick, Halliday e Krane (2003), "A força é a aceleração que ela produz quando aplicada a um determinado corpo."

As concepções prévias dos alunos sobre força não puderam ser identificadas claramente nesta questão, indicando que a maioria ainda não possui **subsunçores** para esse conceito. Como destaca Moreira (2012, p. 4): "O subsunçor é, portanto, um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos.

Diante dessa análise, conclui-se que, para o desenvolvimento do projeto, é essencial construir subsunçores que facilitem a aprendizagem do conteúdo pelos alunos. Isso reforça a importância do professor em trabalhar os conhecimentos prévios dos estudantes e utilizar testes diagnósticos para identificar suas dificuldades.

Agora, analisemos as respostas à terceira questão, conforme apresentado no quadro abaixo.

QUADRO 4: Resposta da terceira questão do pré-teste.

ALUNO	RESPOSTA
A1	Por que a pessoa não estar atenta.
A2	O impulso da freada forte.
A3	O impacto de freio, por que o ônibus estar andando em uma determinada velocidade, e quando ele para, acontece um pequeno impacto.
A4	O freio. Por que quando o motorista freia de uma vez a gente acaba sendo jogado para a frente.
A5	O movimento, o freio para rapidamente.
A6	Eu iria gritar para o motorista parar rapidamente, frear para não peitar em ninguém.
A7	Pela força que a pessoa estar conduzindo o ônibus e com isso faz com que a pessoa pode ser jogada para a frente.
A8	A velocidade que acaba se transformando em força, e acaba jogando a pessoa para a frente.
A9	Por causa do nosso sistema nervoso e a força que o ônibus tem.

A10	Com a pressão e peso que ônibus produz numa freada brusca e com isso você é arremessado com força o suficiente para você cair.
A11	Ele estar em alta velocidade assim a pessoa é jogada para frente.
A12	Eu acho que a gravidade do tempo pode causar isso.
A13	Por que uma pessoa ser logada para frente nosso sistema fica nervoso.
A14	Como ele estar em alta velocidade e para do nada causando um impulso para a frente.
A15	Isso acontece por causa da inércia, o corpo da pessoa tende a continuar em movimento mesmo quando o ônibus para, por isso ela é projetada para a frente.
A16	Devido a atmosfera e também devido a velocidade, por isso o uso de cinto de segurança é obrigatório em veículos.
A17	Essa é muito simples, o ônibus estar em movimento para a frente, você estar dentro do ônibus em pé, o motorista para bruscamente, você que estava em pé, rapidamente é jogado para a frente por que o ônibus para, já você em pé vai continuar em movimento.

Como se pode constatar, essa pergunta envolve o conhecimento da primeira lei de Newton, a lei da inércia, que, segundo Nussenzveig (2021), afirma: "Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele."

Os alunos A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A16 e A17 estabeleceram relações imprecisas com o conhecimento físico, o que indica a necessidade de reforçar a construção das conexões corretas entre o conceito teórico e sua aplicação prática. Apesar de conviverem frequentemente com a experiência de um ônibus parando — já que utilizam transporte escolar para chegar à escola — suas respostas revelam um conhecimento fragmentado, citando termos físicos de maneira desconexa.

O aluno A15, por sua vez, fez uma citação correta, demonstrando já ter tido contato com a primeira lei de Newton e uma compreensão mais alinhada com seu significado.

Essa análise mostra que os **subsunçores** dos alunos ainda não estão permitindo a atribuição de significado adequado ao conceito de inércia, indicando que a aprendizagem significativa, conforme proposta por David Ausubel (2003), ainda não foi plenamente alcançada. Espera-se que, ao longo do trabalho desenvolvido, os

estudantes consigam relacionar suas experiências cotidianas com as leis da Física, consolidando esse conhecimento de maneira significativa.

Agora, passaremos à análise da quarta questão do pré-teste.

QUADRO 5: Resposta da quarta questão do pré-teste.

ALUNO	RESPOSTA
A1	Massa.
A2	Força muscular.
A3	Eu não entendi.
A4	A massa já que a força e a aceleração têm o mesmo sentido e mesma direção e intensidades proporcionais.
A5	Força.
A6	Não entendi muito.
A7	Ele aumentou a massa para poder ter a força de aumentar.
A8	Para aumentar a distância deve aumentar a velocidade e ao mesmo tempo a força que a pessoa joga a pedra.
A9	Eu acho que foi a resultante F, das forças que ele aumentou na pedra para que ela fosse a uma distância maior.
A10	Sim.
A11	A grandeza aumentada foi a força.
A12	Ele aumentou a força por que quando ele coloca mais força mais longe a pedra vai e atinge uma distância maior.
A13	Para ter mais força e ter aceleração.
A14	A grandeza aumentada foi a força.
A15	O menino aumentou a força F, como a força é diretamente proporcional a aceleração a, quanto maior a força aplicada, maior a aceleração e consequentemente maior a distância percorrida pela pedra.
A16	Não entendi.
A17	O menino utilizou a força por que a força faz com que o menino lance a pedra cada vez mais longe.

Nesta questão, ao analisar as respostas dos alunos, observa-se um aumento no número de acertos. Diversos fatores podem explicar esse resultado, entre eles o fato de que a segunda lei de Newton — conceito essencial para a questão — foi explicitamente mencionada no enunciado, facilitando a compreensão do problema pelos estudantes. Segundo Resnick, Halliday e Krane (2003) “ $\sum F = m\vec{a}$ ” nesta

equação o somatório de todas as forças que age sobre o corpo m é a massa do corpo e a é a sua aceleração. Esta equação é a denominada segunda lei de Newton.

Os alunos A1, A3, A4, A10 e A16 não apresentaram respostas satisfatórias. Por exemplo, o aluno A16 apenas afirmou que não entendeu a questão, levantando algumas hipóteses para essa dificuldade. Primeiramente, pode-se considerar a possibilidade de falta de interesse na resposta, levando-o a não se esforçar para compreender o enunciado. Outra hipótese é que ele realmente não conseguiu interpretar a pergunta, podendo indicar um caso de analfabetismo funcional.

Os alunos A2, A6, A7, A8 e A13, mesmo sem acertarem plenamente a questão, incluíram termos como **força, massa, distância, velocidade e aceleração**, demonstrando já possuir subsunçores suficientes para aprender as definições que serão trabalhadas ao longo da disciplina.

Por outro lado, os alunos A5, A9, A11, A12, A14, A15 e A17 souberam interpretar corretamente a questão e utilizar os termos adequados na resposta, demonstrando que conseguem compreender e decifrar o enunciado da segunda lei de Newton. Em geral, suas respostas foram diretas, com exceção de A9, A12, A15 e A17, que se preocuparam em desenvolver explicações mais detalhadas. Isso sugere que esses alunos podem ter recebido alguma preparação nos anos anteriores, ainda que de forma limitada.

Agora, passamos à análise da quinta questão.

QUADRO 6: Resposta da quinta questão do pré-teste.

ALUNO	RESPOSTA
A1	Os pés em andamento.
A2	Não. A movimentação dos pés.
A3	Acho que sim, se ela tivesse uma ventosa debaixo dos pés e tivesse um equilíbrio bom ela conseguiria andar. O equilíbrio e a coordenação motora, se uma pessoa estar em pé e por ela ter equilíbrio e a coordenação motora ajuda a coordenar os passos.
A4	Depende se ela estar descalça ou com algum tipo de calçado, mas eu acho que não por que a pessoa vai desequilibrar. As nossas pernas nos possibilitam andar e algum calçado para aguentar o chão quente.
A5	Sim, a estrada estar plana e estamos em movimento.

A6	Não, ela não conseguiria por motivos que estaria muito liso, tipo óleo na pista ficaria muito ruim de andar por conta do alisamento.
A7	Não por que é muito liso. Possibilita a andar com o movimento do corpo.
A8	Na minha opinião tem como andar em uma superfície lisa pois depende da força e da superfície.
A9	Não.
A10	Sim, pois ia cair algumas vezes.
A11	Não pois a superfície não estar lisa no momento.
A12	Não, pois quando está muito lisa não tem como andar. Os músculos e a flexibilidade.
A13	Na minha opinião tem como andar.
A14	Por exemplo se ou for andar descalço eu conseguiria andar.
A15	Não, uma pessoa não conseguiria andar em uma superfície perfeitamente lisa. É a força de atrito que impede que os pés escorreguem e permite de uma força que empurra o corpo para frente.
A16	Não, devido a condição do piso que a sola do pé não segura. O que possibilita de nós andar na rua é quando nós saímos para resolver algo, ou visitar alguém etc.
A17	Uma pessoa não conseguiria andar por que as superfícies lisas os pés escorregam bruscamente. Conseguimos andar na rua por que não são totalmente lisos, mas sim muito crespas isso ajuda na hora de caminhar.

A quinta e última questão do pré-teste abordou a terceira lei de Newton, que, segundo Resnick, Halliday e Krane (2003), afirma: "Quando um corpo exerce uma força sobre outro, o segundo exerce uma força sobre o primeiro. Essas duas forças são sempre iguais em intensidade e opostas em sentido."

Novamente, os conhecimentos prévios dos alunos demonstraram diferentes níveis de compreensão dessa lei e sua aplicação. Alguns estudantes conseguiram relacionar corretamente certos termos com o que possibilita ou dificulta o ato de caminhar.

Os alunos A1, A3, A5, A8, A10, A11, A13 e A14 apresentaram poucos ou quase nenhum subsunçor que permitisse a conexão entre seus conhecimentos prévios e o novo conceito. Já os alunos A2, A4, A6, A7, A9, A12, A15, A16 e A17 utilizaram termos como **superfície, movimento e corpo**, indicando que possuem conhecimentos

prévios que podem ser trabalhados para a construção de novas aprendizagens, conforme proposto por David Ausubel (2003).

De maneira geral, observa-se que todos os alunos possuem algum conhecimento prévio que pode ser desenvolvido para a construção de novos conceitos, possibilitando um aprendizado mais significativo. No entanto, as dificuldades na interpretação das questões indicam que a carência de conhecimento não se limita apenas à Física, tornando ainda mais desafiador o ensino da disciplina.

5.2 AS AULAS E A PRÁTICA EM SALA DE AULA APÓS A APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE

5.2.1 PRIMEIRO ENCONTRO APÓS APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE

No primeiro encontro, foi aplicado um pré-teste para analisar os conhecimentos prévios dos alunos. Após essa etapa inicial, deu-se início ao desenvolvimento do produto educacional, proporcionando um espaço para a construção de conhecimento, tendo o teste diagnóstico (pré-teste) como norteador.

Ao todo, foram realizados quatro encontros, cada um com duas horas-aula, totalizando oito horas. Considerando o primeiro encontro, em que foi aplicado o pré-teste, somam-se dez horas de atividades, distribuídas ao longo de cinco encontros.

Após o teste diagnóstico, iniciou-se a aplicação da sequência didática. Nesse primeiro encontro, os alunos participaram da leitura e discussão de um texto sobre a vida e obra de Isaac Newton. O material utilizado foi baseado no livro *Newton e a Gravidade em 90 Minutos*, de Paul Strathern. Como parte da proposta de contextualização histórica para engajar os estudantes, a leitura foi conduzida de maneira descontraída, acompanhada de comentários ao longo do texto. Toda essa atividade teve duração de duas horas, conforme o planejamento inicial.

Durante a leitura, o tom leve e, em certos momentos, humorístico do texto incentivou a participação dos alunos, que fizeram perguntas e comentários ao longo da atividade. Isso demonstra que um esclarecimento histórico bem estruturado pode ter efeitos positivos na aprendizagem.

Além disso, é importante destacar que textos excessivamente acadêmicos, com terminologias pouco acessíveis aos adolescentes, podem gerar desinteresse. Por isso, momentos como esse foram aproveitados para promover a ancoragem, um

conceito essencial na aprendizagem significativa, onde o novo conhecimento é conectado a estruturas cognitivas já existentes no aluno. Como afirma Moreira:

A “ancoragem”, também já referida, na qual o novo conhecimento adquire novos significados. Nessa interação, os dois se modificam, porém diz-se que houve uma assimilação do novo conhecimento. Diz-se também que a aprendizagem significativa foi subordinada. Trata-se de uma interação cognitiva entre conhecimentos novos e prévios, não uma interação sujeito-objeto, como na assimilação piagetiana (Moreira, 2011, p. 29).

A ancoragem será feita por meio de subsunçores, conforme assinalam Ausubel e Novak (1987). Essa construção possui múltiplos significados, auxiliando na formação do conhecimento. A leitura de um texto histórico estimula o engajamento e o interesse dos alunos em aprender o conteúdo propriamente dito. Práticas desse tipo são essenciais para aprimorar o rendimento da turma, como se poderá constatar ao longo do trabalho.

Entre os alunos que participaram da leitura e discussão do texto, observou-se que A1, A5, A6, A15 e A16 demonstraram particular interesse pela vida e obra de Newton. Inclusive, após o encontro, procuraram o professor para aprofundar a discussão e buscar referências para uma pesquisa posterior sobre o tema.

Os demais alunos também foram impactados pela contextualização histórica, embora de forma mais discreta. Ainda assim, demonstraram atenção durante a atividade. Notou-se, nesse momento de discussão, um baixo número de conversas paralelas ao tema abordado, evidenciando o envolvimento da turma com o conteúdo.

5.2.2 SEGUNDO ENCONTRO APÓS O PRÉ-TESTE

No segundo encontro, após a aplicação do pré-teste, houve a oportunidade de aprofundar o conteúdo e iniciar a montagem do experimento dinamômetro. Neste momento, os 17 alunos receberam explicações sobre as leis de Newton e suas definições.

Ficou evidente, nas respostas do pré-teste, que a maioria dos estudantes não relacionava seu cotidiano com as leis de Newton. Embora isso não seja surpreendente em um primeiro momento, algumas observações feitas pelos próprios alunos indicavam que os novos conhecimentos precisavam ser explicados cuidadosamente, conectando-os às suas experiências diárias. Outro fator relevante foi a tendência dos

alunos de relacionar os conceitos físicos ao próprio corpo, o que ocorreu diversas vezes.

Durante esse segundo encontro, alguns alunos — A3, A5, A8, A9, A10, A14 e A16 — mantiveram conversas paralelas durante a exposição do conteúdo, mesmo nos momentos em que se apresentavam curiosidades sobre a vida e obra de Isaac Newton. Isso reforçou a percepção de que aulas teóricas no quadro, como estavam sendo conduzidas parcialmente, poderiam ser cansativas para eles.

Nos últimos **30 minutos** da aula, foi apresentado o planejamento para o próximo encontro. Os alunos foram informados de que realizariam experimentos em sala de aula, sendo organizados em grupos para a confecção e desenvolvimento das atividades experimentais. Nesse momento, toda a turma voltou a se concentrar na aula, demonstrando grande curiosidade sobre os experimentos que seriam realizados. Também foi orientado que eles deveriam revisar o conteúdo abordado em sala e que, no próximo encontro, trabalhariam na construção e utilização do **dinamômetro de mola** para contextualizar melhor os conceitos estudados.

A conclusão desse encontro revelou que a maioria da turma manteve o foco na explicação. Dos **17 alunos**, apenas **7** apresentaram dispersão durante a aula, embora isso tenha sido suficiente para causar, em alguns momentos, a desatenção de parte da turma. Vale ressaltar que esses mesmos alunos haviam demonstrado grande interesse na leitura e discussão do texto apresentado no encontro anterior, o que sugere que estavam mais motivados pelas curiosidades históricas e pelo caráter envolvente do material. Essa observação reforça a importância de estratégias didáticas que conciliem contexto histórico e experimentação para melhorar a aprendizagem, mesmo que a demanda de tempo seja um fator que preocupe a contextualização deve ser seguida juntamente com a experimentação, pois demonstrou que proporciona mais engajamento e consequentemente mais aprendizado.

5.2.3 TERCEIRO ENCONTRO APÓS O PRÉ-TESTE

Nesta aula, o objetivo foi a montagem dos kits para o experimento do dinamômetro pelos alunos. No início do encontro, os estudantes que haviam se mostrado dispersos anteriormente foram questionados sobre a revisão do conteúdo. A turma, em sua maioria, confirmou ter estudado em casa, demonstrando interesse

na continuação das atividades. O engajamento geral dos alunos indicava entusiasmo para o início da experimentação.

Inicialmente, a turma foi dividida em **três grupos**: dois com **cinco alunos** e um com **sete alunos**. Foram repassadas as instruções necessárias para a montagem dos kits e, posteriormente, iniciou-se a aplicação de forças, permitindo que os estudantes compreendessem, na prática, o conceito de força e outros princípios fundamentais da Física.

Durante toda a aula prática, observou-se um **envolvimento significativo** dos alunos, maior do que nas atividades teóricas anteriores. Esse engajamento reforça a eficácia do aprendizado por meio da experimentação. Além disso, em uma conversa posterior à aplicação do experimento, os estudantes destacaram que a aula teórica anterior contribuiu para a compreensão do experimento, possibilitando uma melhor observação dos fenômenos físicos envolvidos.

5.3 ANÁLISE DO PÓS-TESTE

No último encontro, foi aplicado o pós-teste, realizado ao longo de duas aulas. Os alunos receberam instruções para responder às questões sem o uso de aparelhos eletrônicos ou conversas. Após essas orientações, as perguntas foram entregues em folhas A4. vale salientar que nos encontros após o pré-teste teve a participação dos mesmos dezessete alunos que realizaram o pré-teste, também se teve a participação dos mesmos dezessete alunos na aplicação do pós-teste.

As questões aplicadas foram as seguintes:

1. Um objeto de 10 kg está sujeito a uma força resultante de 20 N. Qual será a aceleração do objeto?
2. Explique, utilizando suas palavras, a definição de inércia. Dê um exemplo prático dessa lei no seu cotidiano.
3. Um ônibus está em movimento e freia bruscamente. Os passageiros que estão em pé tendem a se deslocar para frente. Explique esse fenômeno com base nas leis de Newton.
4. O que a terceira lei de Newton afirma? Cite exemplos dessa lei que você pode observar.
5. Imagine que você está empurrando uma parede e ela não se move. Segundo a terceira lei de Newton, o que acontece com a força que você aplica?

Análise da primeira questão:

A primeira questão buscava avaliar o entendimento da aplicação da segunda lei de Newton, que estabelece que a força resultante é o produto da massa pela aceleração. Dos **17 alunos**, **15** resolveram corretamente a questão, enquanto **A7 e A11** não obtiveram êxito na resposta. Isso indica que a maioria dos alunos compreendeu a aplicação da lei. Segundo H. Moysés Nussenzveig (2013), "É a lei básica que permite determinar a evolução de um sistema na mecânica clássica." Outro ponto relevante observado foi que todos os alunos que acertaram a questão indicaram corretamente a unidade **m/s²**, algo que costuma ser negligenciado em sala de aula. Isso reforça a compreensão do problema e a atenção aos detalhes necessários na resolução.

Análise da segunda questão:

A segunda questão visava avaliar o entendimento da primeira lei de Newton e sua relação com o cotidiano dos alunos. A maioria acertou parcial ou totalmente, com exceção de **A9**, que errou completamente. Os alunos **A4, A7, A10, A11, A12 e A15** conseguiram expressar corretamente o enunciado da primeira lei de Newton, que segundo H. Moysés Nussenzveig (2013), estabelece: "Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele." Apesar de demonstrarem lembrança do conteúdo estudado, esses alunos não conseguiram relacioná-lo ao seu cotidiano.

Já os alunos **A5 e A14** apresentaram exemplos práticos, mas não incluíram o enunciado da lei. É importante observar que ambos utilizaram exemplos mencionados pelo professor em sala de aula, o que pode indicar **memorização** em vez de **aprendizagem significativa**, nos moldes de David Ausubel.

Os alunos **A1, A2, A3, A6, A8, A13, A16 e A17** responderam corretamente, tanto o enunciado quanto o exemplo, demonstrando compreensão do conceito. Vale destacar que parte dos exemplos citados por eles não foram mencionados pelo professor, o que sugere um esforço de conexão com suas experiências diárias.

Análise da terceira questão:

Essa questão exigia que os alunos aplicassem a primeira lei de Newton em uma situação do cotidiano. Apenas **A14, A15 e A17** erraram completamente. Os alunos **A2, A7, A8, A13 e A16** identificaram corretamente que se tratava da primeira lei de Newton, mas não souberam explicar adequadamente o fenômeno físico envolvido.

Já **A1, A3, A4, A5, A6, A9, A10, A11 e A12** acertaram integralmente a questão, citando corretamente a lei e explicando o fenômeno. Vale destacar que os alunos **A4, A5, A9, A11 e A12**, que haviam apresentado dificuldades na segunda questão, conseguiram responder corretamente à terceira, mostrando que o entendimento do conceito foi consolidado ao longo do processo.

O desempenho dos alunos nesta questão evidencia que a aplicação de leitura de textos históricos e experimentação pode **ser uma aliada do professor**, especialmente em contextos em que o tempo para atividades experimentais mais extensas é limitado.

Análise da quarta questão:

Essa questão buscava avaliar o conhecimento dos alunos sobre a terceira lei de Newton, que, segundo R. Halliday e Krane (2003), afirma: "Quando um corpo exerce uma força sobre outro, o segundo exerce uma força sobre o primeiro. Essas forças são sempre iguais em intensidade e opostas em sentido." Nenhum aluno errou completamente a questão, porém alguns responderam apenas parte do que era solicitado. Os alunos **A8, A13, A15 e A16** mencionaram ou o enunciado da lei ou exemplos, enquanto os demais (**A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A9, A10, A11, A12, A14 e A17**) apresentaram tanto o enunciado quanto exemplos práticos.

A maioria dos estudantes citou exemplos que não haviam sido mencionados em sala de aula, evidenciando que a estratégia de contextualização histórica e experimentação facilitou a aprendizagem dos conceitos.

Análise da quinta questão:

A última questão também abordava a terceira lei de Newton, com um problema prático sobre a aplicação da força em uma parede fixa. Os alunos **A10 e A14** não acertaram nenhum aspecto da questão, indicando dificuldade na relação entre o conceito e situações do cotidiano.

Os alunos **A3, A5, A6, A9, A12, A15 e A17** entenderam a lei, mas suas respostas ficaram restritas ao enunciado, sem conseguir conectá-lo plenamente à realidade vivida. Por outro lado, **A1, A2, A4, A7, A8, A11, A13 e A16** demonstraram compreensão mais aprofundada, conseguindo relacionar o fenômeno com experiências do dia a dia.

Essa análise sugere que o método de **aprendizagem significativa**, quando bem aplicado, facilita a assimilação dos conceitos ao conectar **conhecimentos prévios** com **novos aprendizados**. A combinação entre aula teórica, leitura de textos históricos e experimentação prática permitiu que os alunos consolidassem melhor os conceitos, favorecendo a compreensão da Física no contexto da realidade vivida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ensinar Física no ensino médio enfrenta desafios cada vez maiores, que por vezes parecem intransponíveis. A utilização de métodos que possibilitam uma abordagem mais eficaz torna-se, a cada dia, mais necessária. Por isso, é fundamental que o professor disponha de recursos que facilitem esse processo, oferecendo maneiras de ensino que permitam um melhor aproveitamento por parte dos alunos.

A utilização de textos históricos e experimentos simples, que possam ser rapidamente aplicados pelo professor, apresenta-se como uma estratégia didática mais eficiente. Assim, pensou-se em uma abordagem prática, alinhada ao cotidiano do docente, que enfrenta uma carga crescente de responsabilidades no mundo da educação. Dessa forma, fica claro que os métodos aqui apresentados são uma possibilidade concreta e necessária para o ensino da Física, pois, além de melhorar o rendimento dos alunos, tornam as aulas menos cansativas para eles.

Com essa perspectiva, buscou-se aprimorar o ensino por meio de experimentos acessíveis, que possam ser repetidos seguindo uma sequência didática bem estruturada. Além disso, a elaboração de textos históricos ajuda a contextualizar os conteúdos e incentiva os alunos, mostrando que a Física foi construída por seres humanos que enfrentaram desafios semelhantes aos que qualquer pessoa pode viver ao longo da vida.

Um ensino pautado na experiência no qual o aluno participa ativamente tanto nos comentários como na realização de conteúdos que em muitos casos apenas, são repassados no quadro mostrando a teoria, demonstra sua efetividade como pode ser constatado nos testes analisados anteriormente, a teoria da aprendizagem de David Ausubel, mais uma vez demonstrou sua necessidade de ser cada dia mais utilizada na docência do Professor de Física.

Transformação, pode ser o termo utilizado para caracterizar o que os alunos demonstraram ter sofridos, não se pode encarar que um pequeno passo como este seja o divisor de águas mas demonstra que algumas atitudes e métodos adotados em sala de aula pode resultar na melhoria dos resultados, a construção de saberes passa primeiro pela a mudança de mentalidade do Professor, precisa-se de uma abordagem que seja relacionada com as pré-disposições dos alunos que ficam mais focados e estimulados quando a prática vem alinhada com a teoria que é necessária mas não deve ser a única a ser adotada.

Na teoria de Ausubel se tem condições para que se possa aprender, a primeira parte da disposição do aluno em querer aprender, com essa primeira condição se tem um fator importante e essencial para a aprendizagem, a disposição para aprender é do aluno mas pode ser construção pelo Professor na medida que ele procura e aplica os meios para tal construção, o que se tem nas escolas no atual contexto de aprendizagem que vivemos é Professores lamentado o desinteresse do alunado e ao mesmo tempo não se observa a tentativa para o aluno se interessar pelos conteúdos aplicados, foi este justamente o fator decisivo para obtermos bons resultados no pós-teste, pois a contextualização histórica e a experimentação prática reforça essa disposição que muitas vezes os adolescentes tem mas fica barrado pelo próprio Professor.

A segunda condição também fundamental e alinhado com a primeira condição é um divisor de águas no ensino, é o significado do material utilizado, em melhores termos a potencialidade significativa do conteúdo a ser estudado, este fator de fundamental importância conta como um dos buscadores de interesse do aluno, pois estudar aquilo que se despreza totalmente o significado é enfadonho e cansativo, provocando a desestimulação do aluno, foi justamente o que se procurou evitar na aplicação do produto educacional, a contextualização histórica deu o primeiro passo para construir significados para os alunos com relação ao conteúdo, a experimentação estimulou e construiu os saberes que ficaram faltando na aula teórica.

Então pode se constatar a partir dos resultados obtidos que a realização de atividades como essa é possível e fundamental para a melhoria do ensino, não pode ser esquecido que em muitos casos os alunos não tem os subsunçores necessários para aprender o que se requer no conteúdo, foi justamente o que se teve na aplicação do produto educacional, evidenciando esse ponto a construção de subsunçores é necessário e fundamental para o bom resultado final, nessa perspectiva teve-se o cuidado em todos os momentos oportunos fazer relações com o cotidiano do aluno e o conteúdo, a discursão do texto histórico se mostrou particularmente promissor para esta construção pois em muitos momentos surgia a oportunidades de comentários para tais construções.

O conteúdo Leis de Newton foi abordado sempre procurando relações do conteúdo com o cotidiano do aluno, este conteúdo é particularmente interessante para ser estudado pois proporciona muitas oportunidades para a construção do saber do aluno, não, evidentemente que outros conteúdos não sejam possíveis de ser

trabalhados, todos podem, pois, em todos existem meios de relacionar com o cotidiano do alunado. Foi principalmente a teoria da aprendizagem de Ausubel que faz do conteúdo mais inteligível para o aluno, no momento que ela mostra o método para ensinar relacionado, construído o novo saber por meio dos já existentes no cognitivo do aluno ela faz com que se tenha condições de ensinar com sabedoria.

Fica patente que a realização de progresso no ensino como foi relatado até aqui foi possível, mas é importante que se tenha a noção da relevância do pré-teste, pois ele proporcionou as condições para que se pudesse saber as falhas dos alunos, evidentemente o pré-teste não é a única forma de buscar saberes prévios.

Todo o percurso da realização da sequência didática deixou claro que os desafios no ensino são imensos, evidenciando as falhas na aprendizagem que deixam lacunas dificultando a aprendizagem, e conseqüentemente desestimulando o aluno a prosseguir no estudo, essas falhas faz com que a disposição para aprender seja barrada logo na primeira dificuldade com o conteúdo, então para que isso não ocorra é importante um incentivo constante por parte do Professor, demonstrando que toda a dificuldade pode ser superada na medida que o aluno estudar.

Em resumo o que se pode tirar de lição com a aplicação da sequência didática é a mudança significativa que os alunos tiveram ao longo da aplicação do produto educacional, diante de tal constatação ficou claro que uma abordagem voltada mais ao aluno com experimentação ajuda na aprendizagem, assim conseguiu construir a vontade de aprender do alunado, evidenciando que um passo simples como a contextualização histórica e o uso de experimento é uma ferramenta eficaz no ensino de Física.

A teoria da aprendizagem de David Ausubel constituiu uma aliada indispensável na construção e aplicação do produto educacional, mostrando que o ensino pode ser mais que escrita em quadro e resolução de exercícios, pode constituir uma abertura para o entendimento do mundo, mesmo da natureza como nesse caso que é focado o ensino de Física.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção do conhecimento**: uma perspectiva cognitiva. 1ª edição. Lisboa: Platano: edições técnicas, 2003.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Trad. Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro, São Paulo: Edições70, 2016.

COSTA JÚNIOR, João Fernando.; LIMA, Presleyson Plínio de.; ARCANJO, Cláudio Firmino.; SOUSA, Fabrícia Fátima de.; SANTOS, Márcia Maria de Oliveira.; LEME, Mário.; GOMES, Neirivaldo Caetano. Um olhar pedagógico sobre a Aprendizagem Significativa de David Ausubel. **Rebena - Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, [S. l.], v. 5, p. 51–68, 2023. Disponível em: <https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/view/70>. Acesso em: 4 dez. 2024.

ESSER, Larissa; CLEMENT, Luiz. O uso do instrumento de pré e pós-teste na Abordagem Temática: identificando aspectos relativos à apropriação conceitual. **Ensino e Tecnologia em Revista.**, Londrina, v. 7, n. 3, p. 894-907, set./dez. 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/etr/article/view/16825>. Acesso em: 19/05/2025.

FERREIRA, Jacques de Lima.; VALLE, Paulo Roberto Dalla. Análise do conteúdo na perspectiva de Badin: contribuições e limitações para a pesquisa qualitativa em educação. **Educação em Revista**. Belo Horizonte, p. 1-21, março/2025. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edur/a/hhywJFvh7ysP5rGPn3QRFWf/> Acesso em: 19/05/2025.

MOREIRA, Marco Antonio. ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum**. Porto Alegre, nº 25, p. 29-56, março/2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/96956> Acesso em: 4 dez. 2024.

MOREIRA, Marco. Antonio.; MASINI, Elcie. F. Salzano. **A aprendizagem significativa**: A teoria de David Ausubel, São Paulo: Editora Moraes, 1982.

NUSSENSVEIG, Herch Moysés. **Mecânica**: curso de Física básica. São Paulo: Blucher, 2013.

PESCE, Marly Krüger de; RICHTER VOIGT, Jane Mery; GARCIA, Berenice Rocha Zabbot. Abordagem qualitativa em pesquisas educacionais: uma perspectiva sócio-histórica. **Revista Intersaberes**, [S. l.], v. 17, n. 40, p. 26–39, 2022. DOI: 10.22169/revint.v17i40.2273. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/intersaberes/index.php/revista/article/view/2273>. Acesso em: 19 maio. 2025.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. **Física 1**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

ROSSI, Mayara. *et al* Aprendizagem significativa x aprendizagem mecânica. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar** - [S. l.], v. 5, n. 4, p. e545156, 2024. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/5156>. Acesso em: 4 dez. 2024.

SILVA, Cibelle Celestino.; MARTINS, Roberto de Andrade. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 09, n. 01, p. 53–65, 1 jun. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000100005> Acesso em 4 dez. 2024.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa. **Conceitos**, p. 55-60, 2004.

TEIXEIRA, Érica Jaqueline. Pizapio., PACÍFICO, Juracy. Machado.; BARROS, Josemir. Almeida. O diário de campo como instrumento na pesquisa científica: contribuições e orientações. **Cuadernos De Educación Y Desarrollo**, 15(2), 1678–1705., 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/cuadv15n2-035>. Acesso em: 19 maio. 2025.

Thornton, Stepher T; Marion, Jerry B. **Dinâmica clássica de partículas e sistemas**. São Paulo: CENGAGE, 2011.

VITAL, Abigail.; GUERRA, Andreia. Textos para ensinar física: princípios historiográficos observados na inserção da história da ciência no ensino. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 2, p. 351–370, 1 jun. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320160020006> Acesso em 4 dez. 2024.

NEWTON, Isaac. Principia: princípios matemáticos de filosofia natural. Edusp, 2002.

ARISTÓTELES. Física. Tradução de Carlos Hunberto Gomes. Lisboa: Edições 70, 2023.

ANEXO**PRODUTO EDUCACIONAL**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 26

ANTONIO HUANDERSON SOARES MAGALHÃES

MANUAL PARA A APLICAÇÃO DAS LEIS DE NEWTON EM SALA DE AULA

TERESINA-PI
2025

ANTONIO HUANDERSON SOARES MAGALHÃES

MANUAL PARA A APLICAÇÃO DAS LEIS DE NEWTON EM SALA DE AULA

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: **SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE NEWTON COM ENFOQUE HISTÓRICO: UMA ABORDAGEM POR MEIO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL**, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 26 – UFPI/PI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Tavares Lira

TERESINA-PI

2025

CARTA AO PROFESSOR

Caro Professor, o que você tem em mãos é o produto educacional que demonstra como aplicar uma abordagem simples e eficaz no ensino de Física. Para o que se propões neste produto educacional, tem-se um enfoque que envolver uma contextualização histórica que pode ser a aplicada neste produto com uso de texto para a contextualização do conteúdo, para este caso foi montado e experimentado o dinamômetro, evidentemente em outros conteúdos você irá utilizar outro experimento, até mesmo neste conteúdo se tem a liberdade de mudar o experimento, se sinta livre para isto, o que se buscou neste produto educacional foi ser simples, envolvente e eficaz, são três coisas que não é fácil de aliar, lembrando que ser simples não é o mesmo que ser simplificado, então vamos cuidar nesse ponto.

Todos os passos para a realização do experimento que foi utilizado consta neste produto, recomendo que todos estejam pronto para a utilização em sala de aula, então é importante caso você oriente que os estudantes tragam os materiais, que já venham todos prontos como por exemplo o cano de PVC, que devem ter sido cortado anteriormente, oriento isso pois o tempo de aula é curto e coisas desse tipo demandam tempo e organização, procurou ser neste produto educacional eficaz e prático para que assim se tenha repetições o mais possível, da contextualização histórica juntamente com a experimentação.

Lembrando que essa construção aqui relatada como você vai constatar após a leitura dessa carta, se dar ao longo do conteúdo, então não faça tudo em um único dia, mesmo que tenha poucas aulas a construção do aprendizado deve ser feito com paciência, na medida do possível, evidentemente, para tal como aqui foi feito, teve-se cinco encontros, você pode alterar seu prazo como melhor parecer, vai depender dos alunos e do conteúdo, como já foi lembrado você pode utilizar este produto como modelo para a construção de outros, envolvendo a mesma abordagem.

Com essas palavras espero ter esclarecidos pontos que considero importante, sendo assim, desejo um bom trabalho e mãos à obra.

SUMÁRIO

1-PRODUTO EDUCACIONAL E O MNPEF	03
1.1-JUSTIFICATIVA	03
1.2-OBJETIVOS	04
2-FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	04
2.1-DINÂMICA E SEU DESENVOLVIMENTO	05
2.2-HISTÓRIA DA FÍSICA	06
2.3-APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	07
2.4-SEQUÊNCIA DIDÁTICA	09
3-A SEQUÊNCIA DIDÁTICA: APLICAÇÃO	11
4-CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
REFERÊNCIAS	22
APÊNDICE	23
APÊNDICE 1	23
APÊNDICE 2	24
APÊNDICE 3	25

1-PRODUTO EDUCACIONAL E O MNPEF

O objetivo do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) consiste em proporcionar ao professor de Física uma formação sólida, promovendo seu enriquecimento teórico e metodológico. Nessa perspectiva, procura-se ampliar seu desempenho no processo de ensino-aprendizagem dos alunos. Diante desses objetivos, o mestrando deve elaborar uma proposta que contribua para a melhoria do ensino de Física, tendo em vista que o programa visa não apenas à formação do professor, mas também à qualificação do ensino da disciplina como um todo. Assim, é uma das exigências do MNPEF a entrega de um produto educacional, como forma de compartilhar os conhecimentos desenvolvidos ao longo do curso.

A proposta deste produto educacional baseia-se em uma abordagem histórica e motivacional, voltada aos alunos, com o objetivo de ampliar o alcance metodológico no ensino-aprendizagem da Física. O intuito é, simultaneamente, promover o engajamento dos estudantes e oferecer maior flexibilidade na aplicação do material. O produto educacional intitula-se: **Manual para aplicação das leis de Newton em sala de aula**. Embora o título se refira a um conteúdo específico, a metodologia adotada pode ser adaptada a outros conteúdos da Física.

De modo geral, este produto educacional será apresentado em formato de livro, contendo uma série de sequências didáticas que indicam "o caminho" a ser seguido, fundamentado na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, bem como nas contribuições do professor Marcos Antônio Moreira, um dos principais expoentes nacionais dessa abordagem. A estrutura e os fundamentos teóricos propostos por esses autores orientarão a elaboração e a aplicação prática do produto educacional.

1.1 JUSTIFICATIVA

Tomando como ponto de partida as dificuldades enfrentadas nas escolas públicas brasileiras, bem como as atuais dificuldades enfrentadas pelo professor em sala de aula, é aconselhável tomar novos rumos na tentativa de conseguir melhor aproveitamento nos conteúdos de Física abordados em sala de aula.

Os atuais desafios que o professor enfrenta são desafiadores no ponto de vista desse autor, a pouca disponibilidade de aula e o crescente desinteresse do alunado, o primeiro problema coloca o professor com desafios relacionado em cumprir a

demanda de conteúdo e o segundo desafio coloca em evidências as antigas metodologias tradicionais.

Diante disso, necessita-se elaborar estratégias que possam tentar superar esses e outros desafios, entre essas estratégias podemos citar aulas que não seja experimental, visto que a realidade das escolas não proporciona que uma metodologia desse tipo se torne rotina, evidentemente aulas experimentais serão utilizadas, mas a aula teórica também não deve ser abandonada, por isso é aconselhável uma abordagem mais descontraída e que não perca o foco que é o aprendizado do estudante.

1.2. OBJETIVOS

São elencados os seguintes objetivos para este produto educacional:

- ✓ Melhorar a aprendizagem das leis de Newton por meio de um recurso didático prático e eficaz.
- ✓ Proporcionar um meio de motivar o alunado a querer aprender.
- ✓ Melhorar a prática do Professor proporcionando maior engajamento e aprendizagem do alunado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Toda a cultura científica do ocidente tem seu desenvolvimento, principalmente na modernidade com os avanços alcançados com a Matemática teve-se a oportunidade de se construir a Física como se tem hoje, não apenas a Matemática, mas também o método científico e outros avanços, mas é com o surgimento da Física, que se consegue vislumbrar novos caminhos para a humanidade, uma vez que não pode se falar em sociedade moderna sem os avanços do campo da Física, muitas conquistas tecnológicas de hoje foi fruto de seu desenvolvimento.

A construção da Física passou por grandes pesquisadores e cientistas, que tiveram em sua juventude um espaço e aptidão para alcançar as grandes descobertas que fizeram. É sabido que esses estudiosos passaram por professores que lhes ensinaram as técnicas que proporcionaram seu desenvolvimento, entretanto, nessa conjuntura, há contemporâneos desses cientistas que tiveram dificuldades ou mesmo

desinteresse em aprender Física básica nos seus anos de estudos na juventude, são estudantes como esses que o docente deve se esforçar para que aprendam o básico da sua disciplina.

Diante dessa perspectiva, o contexto histórico e uma sequência didática com estratégias interessantes e aplicada de forma correta podem contribuir para o crescimento do interesse do aluno, tendo a aprendizagem significativa como referencial, assim pode-se alcançar o interesse do aluno mesmo nas aulas teóricas com resolução de cálculos e teoremas para os estudantes resolverem e absorverem o sentido disso na prática de suas vidas.

2.1 DINÂMICA E SEU DESENVOLVIMENTO

O estudo do movimento e de suas causas é uma preocupação que remonta aos antigos gregos. Aristóteles, em sua obra *Sobre os Céus*, classificou os movimentos em dois tipos: **naturais** e **violentos** (ou **não naturais**). Os movimentos naturais seriam aqueles aos quais todos os objetos estão sujeitos por sua própria essência, enquanto os não naturais englobariam todos os demais movimentos observados na natureza, geralmente causados por alguma força externa. Para Aristóteles, a causa dos movimentos naturais era a tendência que os corpos teriam de buscar seu “lugar natural” no universo — o que explicaria, por exemplo, a queda dos corpos em direção à Terra. Já os movimentos não naturais teriam causas variadas, mas, segundo ele, envolviam a substituição de um corpo em um espaço que não lhe seria próprio.

Com o passar do tempo, outros pensadores começaram a formular explicações alternativas às teorias de Aristóteles. Um exemplo é William de Ockham (1300–1350), que, assim como outros estudiosos da época, buscava interpretações mais racionais e elegantes para compreender a origem dos movimentos. Diferentemente de Aristóteles — cuja teoria, embora ingênua sob a ótica atual, foi importante para seu tempo —, os escolásticos já apresentavam concepções mais refinadas sobre o movimento. Posteriormente, com o fim da escolástica e o advento da era moderna, ocorreram desdobramentos significativos que contribuíram para a formulação da explicação contemporânea do movimento.

É com Galileu e, principalmente, com Newton que ocorrem os desdobramentos mais significativos no desenvolvimento da Dinâmica. Em sua obra mais importante — e certamente uma das mais relevantes da Ciência moderna —, o *Philosophiæ*

Naturalis Principia Mathematica (Principia), Newton apresenta as três leis do movimento, além de introduzir conceitos fundamentais como massa, força e outros elementos essenciais para o estudo do movimento e de suas causas.

Esse breve histórico permite perceber como a abordagem histórica pode abrir caminhos e esclarecer pontos que, à primeira vista, parecem obscuros. Ao ir além das fórmulas, a Física torna-se mais interessante e acessível para os alunos. A perspectiva histórica proporciona contexto, permitindo que o estudante se situe melhor e compreenda de forma mais significativa os conteúdos abordados.

2.2 HISTÓRIA DA FÍSICA

Entende-se por história da Física o percurso histórico desenvolvido pelos diversos pensadores responsáveis pelo avanço das descobertas dessa ciência. Inserida no contexto mais amplo da história da ciência, a história da Física possui um desenvolvimento relativamente recente. É com o surgimento da ciência moderna que ocorrem os primeiros desdobramentos significativos desse campo do saber humano.

É evidente que, antes de seu estabelecimento como Física propriamente dita, havia outros tipos de conhecimento que se relacionavam com essa mesma prática. No entanto, há diferenças importantes entre essas abordagens, sendo uma das mais marcantes a matematização da natureza — um aspecto ausente nas concepções dos gregos e escolásticos, mas essencial no pensamento científico moderno.

O ensino de Física no Ensino Médio não deve ser tratado como uma mera curiosidade, mas sim como uma parte essencial no desenvolvimento científico e na aprendizagem do aluno. Assim como em qualquer outra disciplina, é fundamental situar o estudante dentro do contexto histórico de seu desenvolvimento. Neste sentido, o pesquisador adota a história da Física como uma importante ferramenta de aprendizagem, contribuindo para que o aluno não se sinta deslocado em seu processo de ensino-aprendizagem. De acordo com as pesquisadoras Milene e Alessandra:

Quando o ensino da dimensão histórica e também epistemológica da Física é deixada de lado, a concepção equivocada e fragmentada da atividade científica é reforçada, acarretando uma visão positivista do conhecimento científico que, por sua vez, tem implicações diretas no modo como os estudantes entendem e se relacionam com as informações provenientes de diferentes fontes. (Milene e Alessandra, 2017, p. 03)

Nessa perspectiva, um ensino que insere o contexto histórico proporciona uma visão não fragmentada do conhecimento, favorecendo o desenvolvimento de aprendizagens mais sólidas por parte do aluno. Nossa própria prática, tanto como estudantes quanto como professores, torna-se mais concreta e efetiva quando esse tipo de abordagem é incorporado à disciplina. Essa experiência tem se mostrado eficaz tanto no processo de aprendizagem quanto no de ensino.

Não é prudente desprezar toda a construção histórica de uma ciência, especialmente pelas consequências que isso pode acarretar, como a falsa ideia de que os cientistas são infalíveis em suas descobertas e criações. Muitas vezes, os livros didáticos apresentam a Física de forma linear e sem erros, ignorando que o conhecimento científico também se constrói a partir de equívocos, revisões e reformulações. Essa abordagem desconsidera o papel do erro no processo de aprendizagem e na evolução da ciência. Ao ocultar essas etapas, transmite-se ao aluno uma visão distorcida — a de que a ciência é um saber absoluto, restrito a poucos e distante de sua realidade cotidiana e da de seu professor. Isso contribui para o afastamento do estudante em relação ao conhecimento científico e compromete seu envolvimento no processo de aprendizagem.

Como salienta Renato Marcon Pugliese (2017) a ciência não é uma construção linear sem erros, observemos:

É possível percebermos, portanto, que a atividade científica não é e nunca foi formada por uma sequência linear ou pouco turbulenta de acumulação de saberes e conhecimentos. Em períodos por vezes longos, durando séculos, a humanidade e a comunidade científica consideram uma série de processos como sendo ditos “científicos” e que se tornam “mitos” quando vistos a partir do levantamento histórico. (Pugliese, 2017, p. 06)

Com essa abordagem, a ciência Física deve ser contextualizada em sala de aula, em que o professor deve promover a desconstrução de equívocos previamente assimilados e reconstruir o desenvolvimento científico de acordo com suas fases e períodos. No entanto, isso deve ser feito dentro das possibilidades, pois a história da Física aqui tratada serve como pano de fundo para o ensino da parte técnica da disciplina. O objetivo é levar o aluno a compreender sua construção histórica.

2.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo Marco Antonio Moreira (2010), a aprendizagem significativa ocorre quando ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com o conhecimento prévio do aprendiz. Isso fornece uma base para compreender o que deve ser ensinado ao integrar a história da Física no processo de ensino-aprendizagem. É importante lembrar que uma ciência frequentemente considerada complexa passa a ser abordada em sala de aula com um contexto histórico alinhado à aprendizagem significativa proposta por Ausubel.

É necessário propor uma abordagem que favoreça o desenvolvimento natural do aluno, garantindo que as técnicas aplicadas sigam um processo linear. Para isso, a abordagem deve ocorrer da maneira mais espontânea possível. Observa-se que todo o contexto aplicado contribui para desconstruir a aprendizagem mecânica, um método comum de assimilação de conteúdos, mas que resulta em baixo aproveitamento por parte do aluno, nas palavras do estudioso:

Portanto, aprendizagem significativa não é, como se possa pensar, aquela que o indivíduo nunca esquece. A assimilação obliteradora é uma continuidade natural da aprendizagem significativa, porém não é um esquecimento total. É uma perda de discriminabilidade, de diferenciação de significados, não uma perda de significados. Se o esquecimento for total, como se o indivíduo nunca tivesse aprendido um certo conteúdo é provável que aprendizagem tenha sido mecânica, não significativa. (Moreira, 2010, p. 04)

Dessa forma, busca-se promover um crescimento intelectual no qual os fundamentos da Física sejam apreendidos e fixados pelos alunos de maneira permanente. Essa abordagem pode se tornar uma ferramenta perene para o desenvolvimento intelectual do estudante.

A aprendizagem significativa, concebida como uma ferramenta que possibilita uma assimilação contínua e integrada a outros conhecimentos, favorece o desenvolvimento do aluno, sobretudo pelo estímulo que proporciona. Primeiro, ao permitir que ele constate seu próprio progresso; segundo, ao possibilitar a conexão entre diferentes aprendizagens, permitindo estabelecer relações conceituais que antes não seriam possíveis.

Para que a aprendizagem seja significativa, é essencial que o aluno tenha conhecimentos prévios que permitam a contextualização do ensino. Nesse sentido, a história da ciência a ser ensinada funciona como uma ferramenta valiosa. Embora não

seja suficiente por si só, certamente constitui um suporte importante para o processo de ensino-aprendizagem, como saliente Moreira:

A primeira condição implica 1) que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, ...) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante) e 2) que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva ideias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado. Quer dizer, o material deve ser relacionável à estrutura cognitiva e o aprendiz deve ter o conhecimento prévio. (Moreira, 2010, p. 08)

É necessário estabelecer esse relacionamento de forma não arbitrária e não literal. Assim, já se tem uma primeira noção dos desafios a serem enfrentados, especialmente da necessidade de apoio nesse processo. Nesse contexto, a história da Física surge como uma aliada fundamental.

2.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática proporciona um aproveitamento superior aos procedimentos tradicionais. Embora sua aplicação, à primeira vista, possa parecer cansativa e até um tanto desproporcional à realidade do professor, trata-se de uma prática eficaz que demanda maior atenção e tempo. Consistindo em um conjunto de ações planejadas antecipadamente pelo professor, a sequência didática possibilita um melhor rendimento dos alunos. No entanto, exige do docente maior dedicação e um estudo prévio para alcançar os resultados esperados.

A sequência didática para Oliveira *et al*/ Donizete Franco Lima apresenta os seguintes pontos:

- Conduzir os discentes a uma reflexão e apreensão acerca do ensino proposto na sequência didática;
- Almejar que estes conhecimentos adquiridos sejam levados à vida dos estudantes e não somente no momento da aula ou da avaliação;
- Organizar as intensões pedagógicas através de temas, objetivos, conteúdo que atendam às necessidades do projeto didático, dos professores e dos alunos;
- Organizar as intensões pedagógicas de tal forma que garanta a transversalidade de seus conteúdos temas e objetivos;
- Preparar técnica e academicamente o professor, tornando-o capaz de fomentar e propiciar a construção dos conhecimentos específicos com o grupo alunos sob sua responsabilidade, posto que seja fundamental que se procure, através de pesquisas, ter conhecimentos prévios que ultrapassem o sensu comum, o óbvio. (Oliveira *et al*/ Lima, 2005, p. 04)

Essa abordagem demonstra que uma sequência didática bem planejada e aplicada contribui para a elevação do nível de ensino. Com essa perspectiva, este trabalho busca aprimorar a atuação do professor em sala de aula, integrando a sequência didática à aprendizagem significativa de Ausubel e à história da Física. Dessa forma, pretende-se melhorar a compreensão dos alunos em relação ao conteúdo da disciplina.

3. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA: APLICAÇÃO

As aulas de Física são geralmente tidas como entediante e cansativas por grande parte do alunado, o uso de equações que muitas das vezes não são compreensivas para o estudante, e leis que não tem relação com a realidade do aluno provoca esse desinteresse que é corriqueiro e mesmo provocador dos baixos níveis de compreensão nas aulas de Física.

A proposta a seguir procura predispor o aluno a querer a aprender Física na medida que cria uma sequência didática para ensinar as leis de Newton de maneira interessante e instigadora para o alunando, toda a proposta foi adaptada para que se tenha a aplicação do produto educacional em seis aulas, divididas desde a aplicação do teste diagnóstico que se julga aqui importante para compreender quais as principais dificuldades dos alunos até o pós-teste que poderá aferir a aprendizagem dos mesmos.

Ao logo do percurso aqui traçado, a contextualização histórica procurar criar a oportunidade de provocar o aluno e esclarecer pontos obscuros que os mesmos possam ter nas aulas teóricas, a experimentação com o dinamômetro é outra forma aqui buscada de ensinar de forma prática, e que possa resolver aqueles pontos que ainda não foram totalmente esclarecidos na aula teórica e também procura provocar o interesse do alunado.

Então todos os passos a seguir colocados, devem ser seguidos e esclarecidos para os alunos na medida do possível, para assim ter um resultado satisfatório no final da sequência didática.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINAR AS LEIS DE NEWTON NO ENSINO MÉDIO

Objetivo: Ensinar as leis de Newton para alunos no Ensino Médio.

Sequência:

Aula 1: Aplicação de um teste diagnóstico (Apêndice 1).

Objetivos: Aplicar teste diagnóstico.

Orientação: O teste diagnóstico será aplicado para os estudantes da turma, o teste é individual, sem consultas no material ou troca de ideias com os colegas.

Aulas 2: Contextualização histórica da Física, leitura e discursão do texto **vida e obra de Isaac Newton** (Apêndice 3).

Objetivos: Compreender como o processo de criação científica não é construído de maneira linear e que existe evolução no desenvolvimento científico, promover o engajamento dos alunos do processo de aprendizagem.

Orientação: Nestas aulas, será estudado o desenvolvimento da Física, com uma contextualização histórica. Haverá uma discussão sobre as leis de Newton, na qual o professor abordará todo o desenvolvimento da Física, articulando os comentários dos alunos e complementando-os. Durante todo o processo, o professor deverá registrar em seu caderno de notas os alunos que participarem ativamente da aula.

Aulas 3: Aula expositiva, apresentando as três leis de Newton.

Objetivos: Compreender as três leis de Newton, bem como aplicá-las nas atividades.

Orientação: Esta será uma aula conteudista, na qual as leis de Newton serão apresentadas no quadro e discutidas com os alunos. Essa aula será intercalada por comentários que terão como base a contextualização histórica abordada na aula 2 com a leitura do texto **vida e obra de Isaac Newton** (apêndice 3). É importante que esses comentários sejam trabalhados de maneira natural, apenas trazendo recordações. O objetivo é garantir a apresentação do conteúdo nessa aula.

Nesta aula, também deve-se lembrar aos alunos que, na aula seguinte, será realizado um experimento. Nesse momento, é importante informá-los sobre o nome do experimento (disponível na aula 6) e explicar brevemente os procedimentos a serem realizados. Cabe ao professor decidir se será necessário que os alunos tragam materiais, porém, nesta sequência, os materiais serão fornecidos pelo próprio professor.

Aula 4 e 5: Montagem e utilização de um dinamômetro.

Objetivos: Visualizar a aplicação das leis de Newton na prática o conceito de força.

Orientação: O professor deverá montar juntamente com os alunos o dinamômetro esclarecendo pontos importantes na montagem, posteriormente a montagem deve ser realizado o experimento com a repetição por parte dos alunos dos procedimentos a serem realizados, todos esses orientados pelo Professor.

Montagem do dinamômetro

Materiais

1-Cano de PVC de 15 cm.



Figura 1: Dinamômetro montado.
(Fonte: Próprio autor)



Figura 2: Cano de pvc de 15 cm.
(Fonte: Próprio autor)

2-Arame com as duas extremidades curvadas em 135° .



Figura 3: Arame com as duas extremidades curvadas.
(Fonte: Próprio autor)

3-Arame com uma das extremidades curvadas em 90° .



Figura 4: Arame com uma das extremidades curvada.

(Fonte: Próprio autor)

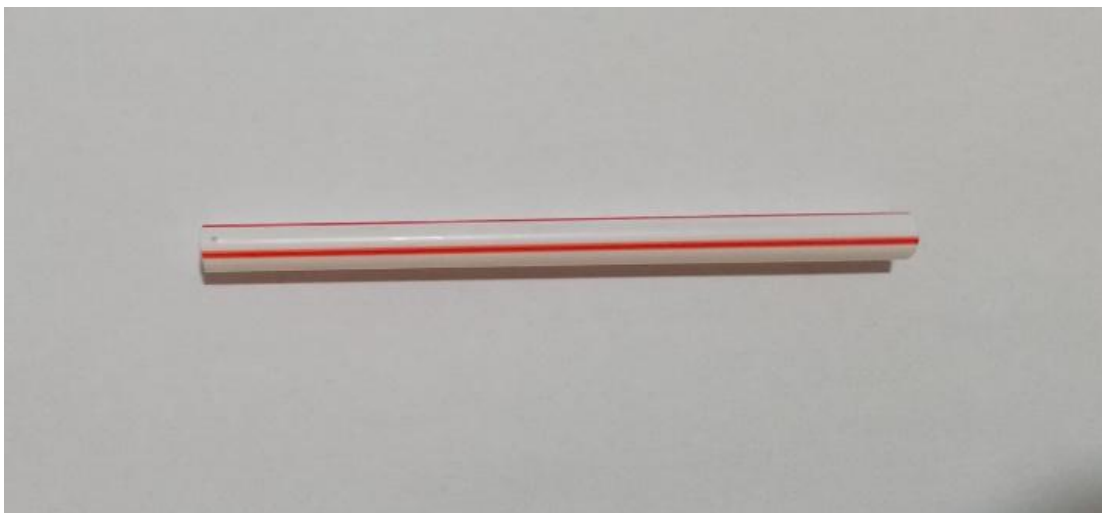
4-Alfinete.



Figura 5: Alfinete.

(Fonte: Próprio autor)

5-Canudo de plástico de 10 cm.



*Figura 6: Canudo plástico de 10 cm.
(Fonte: Próprio autor)*

6-Régua de papel de 10 cm.



*Figura 7: Régua de papel de 10 cm.
(Fonte: Próprio autor)*

7-Liga de dinheiro.



*Figura 8: Liga de dinheiro com um nó para diminuir o tamanho.
(Fonte: Próprio autor)*

Montagem: Para a montagem do dinamômetro deve-se proceder da seguinte forma: primeiramente corta-se um pedaço de 15 cm de cano de PVC para isso utilize uma régua, em seguida faça um furo em umas das extremidades do cano, esse furo deve ultrapassar as duas paredes do cano, no furo coloca-se o arame que tem uma das extremidades dobradas em 90°, nesse arame deve-se colocar a liga de dinheiro, que terá seu tamanho diminuído, como mostrada na imagem que representa a liga (*Figura 8*), o tamanho que a liga deve ter, é na medida que o canudo ficar rente com uma das extremidades do cano de PVC, como mostra a imagem:

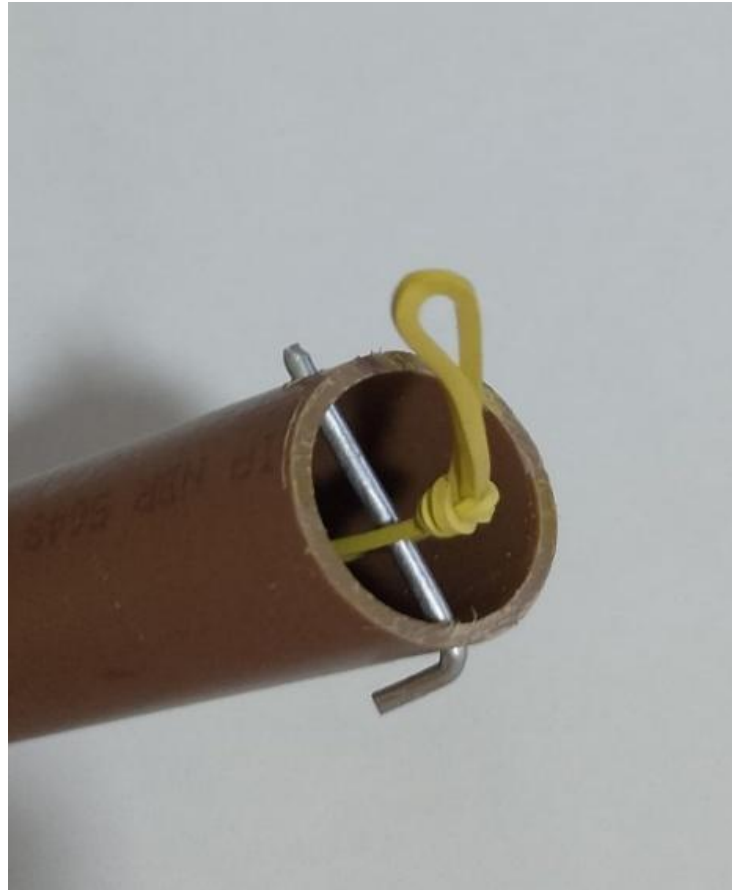


Figura 9: liga presa a extremidade do cano de pvc utilizando o arame dobrado em uma das extremidades.

(Fonte: Próprio autor)

Depois corta-se um pedaço de 10 cm de canudo de plástico, também deve-se utilizar uma régua para medir o comprimento, com o alfinete fure uma das extremidades do canudo de plástico o furo deve ultrapassar as duas paredes do canudo de plástico nesse furo deve ficar fixado o alfinete.

Este alfinete ficará fixado a liga de dinheiro, é importante que se corte um pedaço do alfinete para não ficar arranhando nas paredes do cano de PVC, depois corte um pedaço de papel no comprimento de 10 cm, esse pedaço de papel deve ser cortado e escrito as numerações correspondentes ao comprimento de 10 cm, como mostrado na imagem, que representa esse objeto, também aqui se utiliza a régua para proceder com as marcações e o comprimento do pedaço de papel. Após realizar essa tarefa, o pedaço de papel deve ser colado no canudo de plástico, o arame dobrado nas extremidades deve ser passado por dentro do canudo plástico e uma das dobras de 135° deve ser fixado no alfinete que foi colocado no canudo de plástico.

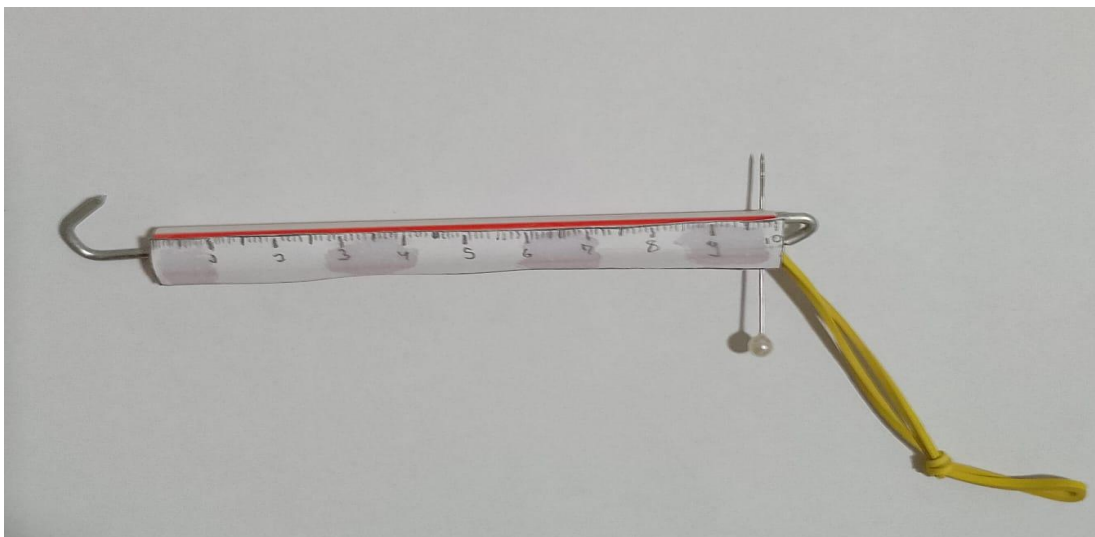


Figura 10: Como a liga e o arame dobrado nas duas extremidades devem ficar presa a extremidade do canudo de plástico com o auxílio do alfinete
(Fonte: Próprio autor)

Em seguida, os dois conjuntos: o cano montado e o canudo montado devem ser juntados, passando o canudo montado por dentro do cano e fixando a liga de dinheiro no arame com uma das extremidades dobradas em 90°, assim o dinamômetro ficará completamente montado e pronto para uso, como mostrado na figura abaixo.



Figura 11: O dinamômetro completamente montado.
(Fonte: Próprio autor)



*Figura 12: Detalhe do dinamômetro com peso
(Fonte: Próprio autor)*

Orientação: Todo o procedimento da montagem do dinamômetro deve ser realizado pelos alunos, o professor deve ser o orientador no processo, a montagem será realizada em grupos, a quantidade de componentes do grupo depender da quantidade de estudantes na turma, este será o momento de o professor promover o trabalho em equipe e orientar os discentes a visualizar e aplicar as leis de Newton.

Aula 6: Coleta de dados para constatar o rendimento dos alunos depois da aplicação das etapas anunciadas, (Apêndice 2).

Objetivos: Coletar informações referente às leis de Newton em relação a sua aplicação.

Orientação: A avaliação aplicada deve ser feita individualmente por cada aluno, assim, não poderão ter acesso a aparelhos eletrônicos ou pesquisar as respostas em outros meios, objetiva-se nesta avaliação saber o quanto os alunos conseguem aplicar os conhecimentos adquiridos no processo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das grandes dificuldades e desafios do ensino de Física nas escolas públicas, é motivo de alegria ver novas soluções sendo apresentadas aos professores. A abordagem histórica, entre outras estratégias, demonstra que é possível encontrar alternativas sem comprometer a aprendizagem dos alunos.

É importante destacar que a proposta apresentada pode ser expandida para outros conteúdos de Física, permitindo que o professor utilize este material como um roteiro e o adapte conforme necessário. Além disso, tanto o professor quanto os alunos têm um papel ativo nessa abordagem. Os alunos devem participar ativamente, contribuindo com comentários, ideias e reflexões.

A tecnologia também pode ser uma aliada do professor, desde que seja utilizada com sabedoria. No entanto, o principal fator para o sucesso dessa metodologia é o engajamento do professor em conjunto com os alunos.

REFERÊNCIAS

CORREIO, M. R. M.; CORREIO, A. D. B. A História da Ciência no currículo de Física do Ensino Médio. **ACTIO**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 420-437, jan./jul. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: 24/07/2023.

FRANCO, Donizete Lima. A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de Física moderna no Ensino Médio. **Revista Triângulo**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 151–162, 2018. DOI: 10.18554/rt.v0i0.2664. Disponível em: <https://seer.uftm.edu.br/revistaelectronica/index.php/revistatriangulo/article/view/2664>. Acesso em: 2 jun. 2024.

MOREIRA, Marco. Antônio. O que é afinal aprendizagem significativa? **Qurrriculum**, La Laguna, Espanha, 2012. Cantauero.

PUGLIESE, Renato. Marcon.; A história da física e a física escolar: incoerências entre a ciência e o ensino. **Khronos, Revista de História da Ciência**, nº4, p. 32-44. 2017. Disponível em <<http://revistas.usp.br/khronos>>. Acesso em 24/07/2023.

APÊNDICE

Apêndice 1

- 1) Segundo seus conhecimentos responda: um corpo em repouso tende a permanecer em repouso ou a entrar em movimento? Também se um corpo se encontra em movimento ele tende a permanecer em movimento ou a parar?
- 2) Segundo seus conhecimentos, explique o que seria força.
- 3) Para você o que faz uma pessoa ser jogada para a frente quando o ônibus freia bruscamente?
- 4) Uma pedra alcançou uma distância maior à medida que um menino aumentava uma grandeza associada à Segunda Lei de Newton, que afirma: "A resultante (F) das forças aplicadas a um ponto material de massa (M) produz uma aceleração, de acordo com a equação ($F = m \times a$)". Isso significa que (F) e (a) têm o mesmo sentido, a mesma direção e intensidades proporcionais.
Dentre as grandezas apresentadas, qual delas você acha que o menino aumentou?
- 5) Uma pessoa conseguiria andar em uma superfície perfeitamente lisa? O que possibilita andarmos, por exemplo, na rua? Tente explicar esse fenômeno por meio de conhecimentos de física.

Apêndice 2:

1-Um objeto de 10 kg está sujeito a uma força resultante de 20 N. Qual será a aceleração do objeto?

2-Explique, utilizando as suas palavras, a definição de inércia. Dê um exemplo prático dessa lei que aparece em seu cotidiano.

3-Um ônibus está em movimento e freia bruscamente. Os passageiros que estão em pé tendem a se deslocar para frente. Explique esse fenômeno com base nas leis de Newton.

4-O que a terceira lei de Newton afirma? Apresente exemplos da terceira lei de Newton que você pode constatar.

5-Imagine que você está empurrando uma parede e ela não se move. Segundo a terceira lei de Newton, o que acontece com a força que você aplica?

Apêndice 3:

VIDA E OBRA DE ISAAC NEWTON

(Resumo expandido da obra: Newton e a gravidade em 90 minutos de Paul Strathern)

1. O GÊNIO QUE MUDOU O MUNDO

Isaac Newton é amplamente considerado um dos maiores cientistas de todos os tempos. Sua obra revolucionou completamente a maneira como a humanidade compreende o universo. Antes dele, o céu era regido por “leis divinas” e separado do mundo terrestre. Depois dele, tornou-se claro que os mesmos princípios físicos que atuam sobre uma maçã caindo também governam os corpos celestes. Sua mente foi responsável por descobertas como o cálculo, as leis da mecânica, a gravitação universal e pela fundamentação da óptica moderna.

2. INFÂNCIA E TRAUMAS FORMATIVOS

Isaac Newton nasceu prematuramente em 25 de dezembro de 1642, em Woolsthorpe, Inglaterra, no mesmo ano da morte de Galileu Galilei. Seu pai morreu antes de seu nascimento e, ainda bebê, foi abandonado pela mãe, que se casou novamente e deixou o menino aos cuidados da avó. Esse abandono precoce marcou profundamente sua personalidade. Newton cresceu introspectivo, ressentido, com acessos de raiva e uma sede insaciável por controle, conhecimento e reconhecimento.

Criado em um ambiente puritano, Newton desenvolveu desde cedo uma relação intensa com a religião, lendo a Bíblia como um código a ser decifrado. A ausência do pai real foi compensada pela busca pelo Pai divino, numa tentativa simbólica de compreender a criação e a ordem universal.

3. FORMAÇÃO ACADÊMICA E DESPERTAR CIENTÍFICO

Aos 12 anos, Newton foi enviado a Grantham onde teve contato com livros, ciência e técnicas básicas. Era medíocre nos estudos até ser humilhado por um colega — o que despertou sua obsessiva necessidade de superação. Desde então, mergulhou nos estudos, superando todos os colegas. Criava engenhocas, instrumentos científicos rudimentares e mostrava aptidão precoce para experimentos e observações.

Com o apoio de um tio e de um professor, Newton foi para o Trinity College, em Cambridge, em 1661. Lá encontrou um ambiente ainda dominado pelo aristotelismo, mas acessou livros de autores como Descartes, Galileu, Kepler e Boyle. Foi um autodidata voraz. Enquanto os colegas ignoravam os estudos, Newton lia, experimentava e anotava em seus cadernos ideias filosóficas e matemáticas originais. Por volta de 1664, já começava a desenvolver ideias que mudariam o mundo.

4. ANNUS MIRABILIS: O ANO MIRACULOSO DE NEWTON (1665–1666)

Durante a peste bubônica, a Universidade de Cambridge foi fechada. Newton retornou a Woolsthorpe e, em isolamento, realizou descobertas fundamentais:

Cálculo

Newton desenvolveu o cálculo diferencial e integral — uma nova linguagem matemática capaz de lidar com taxas de variação e infinitesimais. Usando séries binomiais e ideias inovadoras sobre fluxo e mudança, ele criou o que chamou de "método das fluxões". O cálculo permitiria modelar curvas, movimento, força e muito mais. Embora o alemão Leibniz também tenha desenvolvido o cálculo de forma independente, a prioridade de Newton é amplamente reconhecida.

Gravitação Universal

Segundo relatos, o *insight* sobre a gravidade surgiu ao ver uma maçã cair. Ele percebeu que a mesma força que puxava a maçã também mantinha a Lua em órbita. A intuição de que a gravidade decrescia com o quadrado da distância levou-o a formular a Lei da Gravitação Universal. A gravidade passou a ser entendida como uma força que atua à distância, unificando os céus e a Terra sob uma mesma lei.

Óptica

Newton provou que a luz branca é composta por todas as cores do espectro. Com o uso de prismas, mostrou que a refração separava a luz em cores — e que essa separação era inerente à luz e não ao vidro. Esse trabalho lançou as bases da óptica moderna.

5. OBRA-PRIMA: OS PRINCIPIA MATHEMATICA

Após anos de silêncio e conflito interno (e após ser provocado por Hooke e encorajado por Edmund Halley), Newton publicou, em 1687, sua obra máxima: ***Philosophiae Naturalis Principia Mathematica***.

Neste tratado, Newton apresenta suas três leis do movimento: Inércia: todo corpo tende a permanecer em repouso ou em movimento uniforme, salvo se for forçado a mudar por uma força. $F = ma$: A força é proporcional à massa e à aceleração. Ação e reação: Toda força exercida sobre um corpo resulta em força igual e oposta. Com essas leis, ele explica o movimento dos corpos celestes e terrestres. A lei da gravitação universal que descreve a força de atração entre dois corpos com massas m_1 e m_2 , separados por uma distância d . Newton alegava que essa lei se aplicava ao universo inteiro uma das ideias mais audaciosas da história da ciência.

O livro, escrito em latim e em estilo geométrico clássico foi financiado por Halley e imediatamente consagrado como uma revolução intelectual. Estabeleceu as bases da física clássica, da astronomia moderna e do método científico.

6. ALQUIMIA, RELIGIÃO E O LADO OCULTO DE NEWTON

Apesar de sua imagem de racionalidade, Newton dedicou anos à alquimia e à teologia heterodoxa. Construiu fornalhas, realizou experiências para transmutar metais e buscava a pedra filosofal. Muitos consideram que sua noção de “força” nasceu da crença em “qualidades ocultas” da matéria — uma herança alquímica.

Na religião, Newton rejeitava a doutrina da Trindade e acreditava que os textos bíblicos haviam sido corrompidos. Escreveu milhares de páginas sobre teologia, profecias bíblicas e cronologia religiosa. Considerava esses estudos mais importantes do que suas descobertas científicas. Essas inclinações místicas coexistiam com sua genialidade matemática — uma combinação estranha, mas central para compreender sua mente.

7. ÚLTIMOS ANOS E RECONHECIMENTO

Newton tornou-se presidente da Royal Society, foi nomeado cavaleiro e recebeu a direção da Casa da Moeda, combatendo falsificadores com vigor implacável. Viveu seus últimos anos cercado de respeito e prestígio, mas com poucos

amigos e vida pessoal austera. Morreu em 1727, aos 84 anos, e foi enterrado na Abadia de Westminster — honra raríssima para um cientista.

8. LEGADO

O impacto de Newton foi imensurável. Seu pensamento consolidou a Revolução Científica, estabeleceu as leis da física clássica e demonstrou que o universo poderia ser compreendido e descrito em linguagem matemática. Sua obra inspirou a filosofia do empirismo (Locke), a revolução industrial e até a física moderna mesmo que tenha sido superada por Einstein séculos depois.

O método científico, tal como o conhecemos, nasceu em grande parte de seu exemplo: observação + matemática = compreensão da realidade. Newton unificou os céus e a Terra, o visível e o invisível, a ciência e a matemática. Como escreveu o poeta Alexander Pope: “A natureza e suas leis jaziam ocultas à noite. Deus disse: ‘Que Newton seja!’ e tudo se fez luz.”