

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL – CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

CLECIANA GONÇALVES PEREIRA MOURA FERNANDES

MATERIAL INSTRUCIONAL:
OS LIMITES DA MECÂNICA NEWTONIANA

CLECIANA GONÇALVES PEREIRA MOURA FERNANDES

**MATERIAL INSTRUCCIONAL:
OS LIMITES DA MECÂNICA NEWTONIANA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF- Polo 10), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Tibério Magno De Lima Alves.

Coorientador: Prof. Dr. Manoel Leonel de Oliveira Neto.

NATAL
2022

Fernandes, Cleciana Gonçalves Pereira Moura.
F363m Material instrucional: os limites da mecânica newtoniana / Cleciana
Gonçalves Pereira Moura Fernandes. – 2022.
90 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Tibério Magno De Lima Alves.

Coorientador: Prof. Dr. Manoel Leonel de Oliveira Neto.

1. Ensino de Física - Mecânica newtoniana. 3. Três leis de
Newton – Limites. 4. Aprendizagem significativa. 5. Metodologia ativa.
I. Título.

CDU: 53:37.091.39

Catálogo na Publicação elaborada pela Bibliotecária Sandra Nery S. Bigois – CRB-15/439

Biblioteca Central Sebastião Fernandes (BCSF) – IFRN

**MATERIAL INSTRUCIONAL:
OS LIMITES DA MECÂNICA NEWTONIANA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF- Polo 10), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

ORIENTADOR:

Prof. DSc. Tibério Magno De Lima Alves

COORIENTADOR:

Prof. DSc. Manoel Leonel de Oliveira Neto

Natal, 02 de Setembro de 2022.



Prof. DSc. Tibério Magno De Lima Alves
IFRN Campus Natal Central



Prof. DSc. Manoel Leonel de Oliveira Neto
IFRN Campus Natal Central



Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto
IFRN Campus Natal Central



Prof. Dr. André Soares Wayland Torres Silva
UFRN Campus Macaíba

Dedico esta dissertação ao meu querido filho Yan Pablo, a minha amada mãe Anaclecia, ao meu digníssimo esposo Abnoan e aos demais membros da família que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me fortalecido com fé para chegar até aqui.

A minha família, em especial ao meu filho Yan Pablo, meu esposo Abnoan, minha mãe Anaclecia, minha irmã Merciana, meu pai Messias e minha Avó Ivanete por sempre depositarem a credibilidade, apoio, por acreditar, junto comigo, de que todo esforço é válido, e que contribuiu com a conquista pelo título de Mestre.

Aos profs. DSc. Tibério Magno De Lima Alves e DSc. Manoel Leonel de Oliveira Neto, pela orientação, coorientação e mediação neste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, por promover o incentivo e desenvolvimento dos professores ao prosseguimento e construção significativa no âmbito da formação profissional.

A CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio que foi realizado neste presente trabalho (código de financiamento 001).

Aos professores que compõe o quadro do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do polo 10, que muito contribuíram para nosso crescimento e expansão intelectual.

Aos professores da banca examinadora por se colocarem a disposição para contribuir com a avaliação da minha dissertação, ajudando na construção com suas grandiosas contribuições.

As minhas amigas, em especial Candice, Luciere e Maria Aparecida, meu muito obrigado.

Aos colegas de turma, pela integração e troca de experiência.

Aos meus queridos alunos, pelos incentivos, ideias e sugestões assertivas que agregaram no ensino e aprendizagem das aulas de Física.

E, todos os que direta ou indiretamente no decorrer da minha formação ao nível de Mestrado, contribuíram para a tão valorosa conquista.

RESUMO

Nos estudos da Mecânica Newtoniana, são encontradas discrepâncias existentes em situações problemas relativísticos no que envolvem problemas com alta velocidade, e é pouco explorado em livros didáticos devido a sua complexidade ou dificuldade de exploração. Sendo assim, cabe a este trabalho contribuir com estratégias que direcione o ensino de Física, para uma melhor compreensão no ensino e aprendizagem dos alunos da primeira série do Ensino Médio, sobre o conteúdo de Física Moderna. A partir disso, este trabalho objetiva apresentar um material didático apresentando os estudos dos limites da Mecânica Newtoniana, onde propõe através da metodologia ativa, Sala de Aula Invertida, por meio da aprendizagem significativa de Ausubel, a análise da dinâmica dos corpos em diferentes referenciais (referencial inercial e não inercial), em uma abordagem diferenciada, enfatizando a integração entre os Limites das Três Leis de Newton e da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) estabelecida por Albert Einstein. Através desse trabalho, alunos da primeira série do Ensino Médio de uma escola particular, realizaram seus estudos por meio do material disponibilizado no site o Google, elaborado como parte da construção desse trabalho, para a exploração própria desse estudo, de modo que o professor passou a ser apenas mediador, tendo o aluno a autonomia de estudar o conteúdo por conta própria fora do ambiente da sala de aula, sendo protagonista de seu ensino e aprendizagem. Diante disso, essa aplicação mostrou que o conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita, apesar de sua complexidade e abstração pode ser estudado não sendo apenas de forma expositiva tradicional em que os alunos são apenas ouvintes e reproduzem exercícios de memorização com foco nos formalismos matemáticos, mas através de metodologias ativas e recursos didáticos tecnológicos, sendo agentes ativos na construção do saber, de forma construtiva e com aprendizagem significativa, de acordo com o nível de complexidade que exige a compreensão deste conteúdo abordado.

Palavras-chave: Ensino de Física; Referencial inercial; Limites das três Leis de Newton; Teoria da Relatividade Restrita; Sala de aula invertida; Aprendizagem significativa.

ABSTRACT

In the studies of Newtonian Mechanics existing discrepancies, are found in relativistic problem situations involving problems with high speed, and it is little explored in textbooks due to its complexity or difficulty of exploration. Therefore it is up to this work to contribute with strategies that direct the teaching of Physics, for a better understanding of the teaching and learning of students in the 1st grade of High School, on the content of Modern Physics. From this, this work aims to present a didactic material presenting the studies of the limits of Newtonian Mechanics, where it proposes through the active methodology, Inverted Classroom, through the significant learning of Ausubel, the analysis of the dynamics of bodies in different references (inertial and non-inertial referential), in a differentiated approach, emphasizing the integration between the Limits of Newton's Three Laws and the Special Theory of Relativity (RRT) established by Albert Einstein. Through this work, students of the 1st grade of high school at a private school carried out their studies through the material available on the google site, prepared as part of the construction of this work, for the exploration of this study, so that the teacher began to be just a mediator, with the student having the autonomy to study the content on their own outside the classroom environment, being the protagonist of their teaching and learning. Therefore, this application showed that the content of the Special Theory of Relativity, despite its complexity and abstraction, can be studied not only in a traditional expository way in which students are just listeners and reproduce memorization exercises focusing on mathematical formalisms but through active methodologies and technological didactic resources, being active agents in the construction of knowledge, in a constructive way and with significant learning, according to the level of complexity that requires the understanding of this content addressed.

Keywords: Teaching Physics; Inertial reference; Limits of Newton's three laws; Special Theory of Relativity; Flipped classroom; Meaningful learning.

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
c	Velocidade da Luz
EM	Ensino Médio
FC	Física Clássica
FM	Física Moderna
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
LD	Livro didático
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
TAS	Teoria de Aprendizagem Significativa
TRR	Teoria da Relatividade Restrita
VR	Velocidade Relativa

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1 – Apresentação do material alternativo, elaborado pelo docente para a exploração dos Limites da Mecânica Newtoniana.....	45
Fotografia 2 – Apresentação do site e do acesso e manuseio, divisão dos materiais e dos momentos, como sugere a metodologia.....	45
Fotografia 3 – Aplicação da metodologia sala de aula invertida no momento durante a sala de aula, resolução de exercícios	47
Figura 1 - Layout inicial da página do site vista no formato para uma tela de tablete	73
Figura 2 - Layout do site, apresentando a barra que contém os materiais de estudo	74
Gráfico 1 – Google <i>forms</i> , resumo sobre o exercício do material I.....	49
Gráfico 2 - Questão do material I com maior porcentagem de acerto	51
Gráfico 3 – Questão do material I com menor porcentagem de acertos	51
Gráfico 4 – Questão com maior quantidade de acertos do material II.....	52
Gráfico 5 – Questão com menor quantidade de acertos do material II	52
Gráfico 6 – Questão com maior porcentagem de acertos do material III	52
Gráfico 7 – Questão com porcentagem de maior acerto do material IV.....	54
Gráfico 8 – Questão com maior porcentagem de acertos do material IV	54
Gráfico 9 – Questão com porcentagem de maior acerto no material VI.....	55
Gráfico 10 – Questão com maior acerto do material VII.....	56
Quadro 1 - Exibição do cronograma de aplicação da sequência didática	36
Quadro 2 – Descrição dos momentos de Interação durante a aplicação.	39
Quadro 3 – Descrição dos conteúdos associados em Física Clássica e Física Moderna	40
Quadro 4 – Associação da Teoria da Aprendizagem significativa com os conteúdos da produto educacional.	42

SUMÁRIO

1	Introdução	11
1.1	Motivação e Problemática	12
1.2	Objetivo Geral	15
1.3	Objetivos Específicos	15
2	Revisão de Literatura.....	16
2.1	TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA SEGUNDO OS LIVROS DIDÁTICOS..	16
2.2	Teoria de Ausubel na perspectiva de Moreira.....	20
2.3	A Metodologia Sala de Aula Invertida (FLIPPED CLASSROOM)	22
2.4	Site Google - Bootstrap	23
3	Fundamentação Teórica.....	26
3.1	TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA (UMA RELAÇÃO COM A MECÂNICA NEWTONIANA).....	26
3.2	Metodologia de Ensino (Sala de Aula Invertida)	33
4	Produto Educacional	36
4.1	SEQUÊNCIA da unidade DIDÁTICA (O MATERIAL INSTRUCIONAL)	36
4.2	A metodologia Ativa do MATERIAL INSTRUCIONAL	38
4.3	A relação dos conteúdos no MATERIAL INSTRUCIONAL	39
4.4	A RELAÇÃO DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM O PRODUTO EDUCACIONAL	41
5	Aplicação do Produto Educacional	44
6	Análises dos Resultados.....	49
7	Considerações Finais	57
8	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE A– DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	60
	APRESENTAÇÃO	65
1.	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA	67
1.1	A Teoria de Ausubel na perspectiva de Moreira:	67
2.	SALA DE AULA INVERTIDA (FLIPPED CLASSROOM)	68
2.1	A Metodologia Sala de Aula Invertida	68
3.	BOOTSTRAP	69
3.1	Site Google	70
4.	SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	72

4.1 O material instrucional para o aluno	72
4.2 Material de Estudo	73
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
6. REFERÊNCIAS	87

1 INTRODUÇÃO

A Teoria da Relatividade Restrita (TRR), de velocidades relativísticas apresentada por Albert Einstein em 1905, indicava limitações na mecânica clássica formulada por Isaac Newton, isso devido à Física Newtoniana prever resultados contraditórios tanto em fundamentos da teoria eletromagnética, quanto nos resultados experimentais com o comportamento de corpos por apontar velocidades muito altas, conhecida na Física como velocidades relativísticas.

Com base no ensino da Física para o ensino médio, há análises nos documentos referenciais do Ministério da Educação — MEC que mostram a abordagem dos conceitos da Física Moderna pela TRR, evidenciados por resultados no avanço da aprendizagem dos alunos, considerando a proposta curricular estabelecida nas diretrizes do ensino básico. A recomendação é que, o ensino da Física utilize métodos de abordagem com sistematização e contextualizados na assimilação dos conceitos científicos a partir dos conhecimentos prévios do aluno. Desta forma, descaracteriza a forma de aprender por meio apenas de memorizações de equações em linguagens matemáticas e aplicação de exercícios contínuos de equações por processo de repetição.

Na mesma proporção, o ensino tradicional foca no aprendizado de conteúdos formativos e resultados quantitativos sem o emprego da interdisciplinaridade, a observar que, o efeito são estudantes desmotivados, desinteressados e consequentemente com baixo rendimento na disciplina de Física, deixando uma impressão da inexistência no avanço na ciência. Sob outra perspectiva, a abordagem dos conteúdos da física vinculada a apreciação da história e da filosofia converte a construção contínua para um novo olhar quanto aos avanços científicos, permitindo notar o interesse dos estudantes pela Física.

Fundamentado a essa necessidade, a TRR sugere em suas características a interdisciplinar com a história e filosofia da ciência para uma nova condução no ensino médio, atendendo aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs), quanto as orientações para uma abordagem interdisciplinar e atualizada dos conteúdos.

Ainda assim, os livros didáticos não acompanham os avanços do processo ensino e aprendizagem, pois não propiciam leituras para desenvolver uma abordagem da TRR associadas do estudo dos movimentos dos corpos. Porém, ainda se encontra, minimamente, breve escrito no conteúdo de eletromagnetismo que, até então, não faz uma relação integrada com as Leis da Física Clássica.

Ademais, existem pesquisas a tratar sobre os conteúdos de livros didáticos de Física, estas indicam que os textos escritos não corroboram para uma compreensão facilitada sobre o assunto, inclusive a TRR, dado que, os livros não trazem uma distinção aprofundada entre a Física Clássica e Moderna (OSTERMANN, 2002).

Além disso, não há abordagens simultâneas das aplicações da TRR e das Leis de Newton por metodologias ativas ou teorias de aprendizagem. Observando que, a Base Nacional Comum Curricular (2017) prevê nas diretrizes curriculares do ensino médio postula, habilidades necessárias de reflexão, investigação e compreensão do mundo, ressaltando descobertas e inovações avançadas, precisando ser explorada durante o processo de ensino de física, a exemplo da TRR.

Conforme o exposto, esse trabalho frisa a importância do estudo da TRR no ensino médio, através do uso de metodologias ativas e auxílio de recursos tecnológicos, favorecendo o ensino e aprendizagem do conteúdo da física. Também, nesta dinâmica foi utilizado o material desenvolvido, produto educacional, conjuntamente com os alunos do primeiro ano do Ensino Médio, com o intuito de evidenciar a importância quanto ao conhecimento referente a TRR e as limitações da Física Clássica no ensino básico regular.

1.1 MOTIVAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

Observado as curiosas indagações dos estudantes quanto ao estudo das Leis de Newton, referente ao assunto e do que aconteceria com os corpos que se movem a altas velocidades, assim como se vê nos filmes de ficção científica de super-heróis e aeronaves no espaço, e buscando entender o interesse do porquê Einstein ficou tão conhecido pela Teoria da Relatividade Restrita.

Trazendo a referência inicial dos livros didáticos, há uma pequena aba de “mais a fundo”, “saiba mais”, trazendo o mínimo de informação quanto ao assunto inerente

aos limites da Mecânica Newtoniana, conseqüentemente sem subsídios para explanação. Com isso, a ideia de desenvolver esse trabalho instigou-se, em busca de despertar e atender as necessidades de aprendizagem dos estudantes, prazerosamente e instigante.

A preparação desse trabalho deu-se a partir dos questionamentos trazidos pelos estudantes com intenção de sanar dúvidas relacionadas a Física Moderna, que por meio da teoria de Albert Einstein traz explicações de maneira conectada com as Leis da Mecânica de Newton. Com isso, porque não apresentar aos estudantes da primeira série do ensino médio os limites apresentados na mecânica Newtoniana, também como limites apresentados na Teoria de Albert Einstein, de maneira paralela ao estudo da Física Clássica?

É conhecido que, na Teoria da Relatividade de Albert Einstein, os assuntos do eletromagnetismo estão inseridos, podendo ser comprovada experimentalmente, através das acelerações de partículas a altas velocidades, próximas da luz, como os elétrons, sendo tais comportamentos não postos por Isaac Newton na mecânica Clássica.

Por ser um assunto estudado em situação abstrata, e com poucos experimentos para se realizar em laboratório, visto que a estrutura de um laboratório próprio de física não é comum nas escolas de ensino básico, impossibilitando a aplicação dos experimentos da Física Moderna.

Nesta perspectiva surge a idealização de desenvolver as práticas em sala de aula com o próprio recurso tecnológico dos estudantes, sendo assim possível o acesso à internet, sites, vídeos, gifs e animações.

Outro fator associado na atividade é o tempo, considerando que, para o desempenho das atividades e no momento em que os estudantes estão na empolgação e abrilhantando as descobertas durante o experimento o horário se esgota, e a abordagem acaba sendo interrompida, conseqüentemente a aprendizagem é interrompida. Para amenizar essa situação, o professor, utilizando a metodologia ativa “sala de aula invertida”, induz os estudantes a construírem seus saberes fora do ambiente de sala de aula ou laboratório, tornando-os protagonista do seu aprendizado.

Para tanto, esse trabalho foi motivado para abranger o foco na Mecânica, da Clássica até a Moderna, de maneira onde os estudantes possam aprender o assunto sobre limites encontrados em corpos que possuem baixas velocidades e se encontram em referenciais inerciais.

1.2 OBJETIVO GERAL

Elaborar e aplicar o material didático, instrucional, para primeira série do ensino médio, visando melhorar e ampliar o ensino e aprendizagem da Física Moderna, comprovando a importância da inclusão da Teoria da Relatividade Restrita no estudo da mecânica Newtoniana.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos deste trabalho:

- Elaborar e desenvolver um material instrucional, com conteúdo e exercícios desenvolvidos para o estudo e uso dos discentes do primeiro ano do ensino médio;
- Disponibilizar esse material por meio de um recurso tecnológico, criação e publicação do site Google, de maneira gratuita e ilimitada de acesso;
- Identificar os principais tópicos paralelos à Mecânica Newtoniana a serem exploradas nesse material;
- Criar um conjunto de orientações a serem seguidas pelo estudo e exploração do material pelo aluno;
- Desenvolver a ordem de exploração e tempo de aplicação conforme as perspectivas de entendimento e dificuldades apresentadas pela turma;
- Aplicação do produto seguindo as orientações e as ordens cronológicas, com a aplicação dos exercícios de cada capítulo do material a ser explorada;
- Análise dos resultados obtidos por meio das respostas colhidas através de cada material explorado durante a aplicação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA SEGUNDO OS LIVROS DIDÁTICOS

Compreende-se a abordagem da Teoria da Relatividade Restrita como meio da conexão entre os segmentos de área da Física mecânica e eletromagnética, um assunto de inovação da História da Ciência por trazer um novo conceito para o tempo e o espaço, com suas consequências, estando inserida na Física Moderna (FM) por conseguinte engajada nos Livros Didáticos (LD) (SILVA, 2017).

Por se tratar de uma abordagem com um elevado nível de complexidade, a explicação em conceitos contemporâneos e abstratos, que não envolve elementos concretos, gera dificuldade tanto no ensino quanto na aprendizagem, ocasionando uma problemática que leva o professor a buscar estratégias e recursos e/ou ferramentas para aproximar o estudante do conhecimento, no decorrer das aulas de Física (HULSEDEGER, 2005).

Ponderando o aspecto quanto a temática por exposição abstrata, ocorre a sugestão de inovar as estratégias de ensino para estreitar o entendimento dos conteúdos e despertar o interesse e melhorar a percepção dos estudantes quanto ao ensino na totalidade. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) sugere a interligação do ensino regular com a transferência da teoria e prática da formação escolar com a sociedade e mundo do trabalho, ou seja, associar os conhecimentos adquiridos no ensino regular com a vivência prática do cotidiano.

A LDB propõe também, como alternativa, a redução de textos científicos e formalismos matemáticos para uma didática mais contextualizada, direcionando as ações do professor no ensino para aulas mais práticas, demonstrativas e experimentais, além da situação de aprendizagem com exercícios de resoluções de problemas, tornando um ensino aprendido significativo.

Essa reflexão indica para o professor do ensino da Física que, eliminar conteúdos não é a solução, tendo em vista que o saber cognitivo é essencial em todo campo da ciência, e como também por ser desenvolvido interdisciplinarmente. Abordagens com elevado nível de complexidade no âmbito do saber cognitivo (abstrato), requer uma reorganização nas estratégias de ensino, com foco na aprendizagem, tendo como expectativa o resultado junto aos estudantes do seu

desempenho na escala de conhecimento, entendimento e apropriação, em concordância com o currículo do Ensino Médio.

Para fazer a transposição do conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita - TRR, é ideal que se faça uma relação do assunto com o cotidiano do estudante e em seguida fazer um breve histórico de seu contexto, a exemplo, da sua origem até a atualidade, século XIX.

Quanto a mecânica, está é completamente explicada pelas três Leis de Newton, a qual em seus estudos apresenta o tema de que a Luz é corpuscular, partícula, já Christiaan Huygens, em 1660, apresentou uma nova teoria, que se tratava de uma onda eletromagnética, sugerindo um valor para a velocidade da Luz no vácuo ($3 \times 10^8 \text{m/s}$), próxima do que se conhece hoje. Mais além, em 1865, James Clerk Maxwell calculou a velocidade da luz teoricamente através da combinação de equações para onda eletromagnética, em que se encontra o campo elétrico e campo magnético, juntamente com a equação a seguir da força de Lorentz. (MARTINS, 2013):

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \quad (1)$$

Sob a análise da equação acima, a partir de um cálculo de diferencial e integrais da força de Lorentz, Maxwell conseguiu chegar à dedução da equação presente na formulação de onda para a velocidade da Luz, a partir da combinação das seguintes equações:

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (2)$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = -\frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (5)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (4)$$

Essas quatro equações é a relação do campo elétrico e campo magnético para uma onda eletromagnética, ao qual se propaga no vácuo e em outro meio, conforme apresenta o comportamento da Luz. A partir dessas combinações, Maxwell fez a relação entre as constantes do campo elétrico e do campo magnético ao qual chegou no valor da velocidade da Luz no vácuo, conforme mostra abaixo:

$$\frac{1}{v^2} = \mu_0 \epsilon_0 \rightarrow v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (6)$$

$$(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} H/m \rightarrow \text{indica a permeabilidade magnética}; \epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} F/m \rightarrow \text{indica a permissividade elétrica})$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \cong 2,99792 \times 10^8 \text{ m/s}. \quad (7)$$

Só em 1905, estudando a Luz como partícula, Albert Einstein observa algumas discrepâncias na aplicação da mecânica de Newton para essa velocidade tão alta. A intenção de Einstein não era encontrar erros na mecânica, e sim explicar sua teoria do efeito fotoelétrico pelo comportamento da Luz, em uma abordagem Eletromagnética, como apresentada pela equação de Maxwell deduzindo o valor da velocidade da luz.

Einstein, em suas observações, encontrou uma relevante observação para corpos que podem viajar a altas velocidades, próximas da velocidade da Luz (c). Ele observou que no referencial inercial, todas as Leis da Física são válidas, sendo esse seu primeiro postulado, e que a velocidade da Luz no vácuo possui o mesmo valor em qualquer referencial inercial, formulando seu segundo postulado.

Seguindo essa compreensão, os seus postulados referentes a velocidade da Luz (c), conduz a algumas consequências, como o tempo e o espaço não absoluto. E essas consequências são decorrentes da análise de eventos simultâneos em diferentes referencias, quando observado as velocidades relativas de um corpo em relação a outro. Por fim, sua compreensão quanto a esse comportamento se dá pela associação com a mecânica.

Nesta visão, a compreensão da relatividade do movimento deve ser analisada desde o princípio da sua ideia, formulada em tempos anteriores, especificamente no século XVI por Galileu Galilei (1564 – 1642), conhecido também como "pai da física moderna". Com base em experimentos os movimentos foram estudados de diversas maneiras, uniforme e uniformemente variado, tipo a queda livre dos corpos e o lançamento vertical, definido por Galileu Galilei frente a relatividade de um movimento em relação a outro.

A seguir, é mostrado na descrição desse trabalho as relações observadas em um único referencial com tempo e espaço absoluto. Porém, o pai da ciência moderna não chegou a definir as leis para reger esses movimentos e resolver todo o problema, quando relacionados a movimentos dos corpos, contudo, suas ideias e contribuições foram muito importantes para que a física do movimento pudesse avançar.

No século XVII, o físico Isaac Newton (1643 – 1727), conseguiu definir as leis dos movimentos dos corpos, descrevendo seus conceitos e aplicações, em consonância com a definição das três leis de Newton contidas nos conteúdos da disciplina, sendo estas empregadas para resolver inúmeros exercícios relacionados a força, velocidade e aceleração de determinado corpo. Integrado ao contexto, progredimos para a análise do referencial adotado (movimento ou repouso), inercial ou não Inercial, movimento do sistema de referencial junto do corpo a altas velocidades, expandido para se chegar a VR entre os sistemas de referenciais adotado.

Por fim, o movimento analisado do sistema de referencial Não Inercial adotado, testou uma contração do espaço e uma dilatação do tempo, como consequências da Teoria de Einstein. Condensando, os LD compreendem a abordagem como apenas uma FM, não associando os conceitos apreendidos da mecânica ou dos movimentos dos corpos, entretanto, a proposta a qual trata o trabalho é, evidenciar os limites da Mecânica Newtoniana associadas com a nova teoria científica.

2.2 TEORIA DE AUSUBEL NA PERSPECTIVA DE MOREIRA

A teoria da aprendizagem significativa é associada a interação cognitiva que o aluno adquire ao assimilar um conteúdo com conceitos já consolidados com um novo conceito associado de certa forma com o anterior. Segundo Moreira (2006), o estudante precisa expor seus conhecimentos anteriores, chamando estes de subsunçores (estruturas cognitivas existentes capazes de favorecer novas aprendizagens), o qual deverá estar associado ao novo significado do novo conceito a ser introduzido.

Para que essa ponte entre o ensino e aprendizagem tenha seu valor significativo, é de extrema importância que o professor, na sua mediação, use o material didático educacional de maneira que auxilie com a modificação do conteúdo que se quer abordar. Portanto, uma das condições primordiais para potencializar a aprendizagem significativa do aluno, é usar de recursos como um material educacional potencializador, podendo ser estimulado com o uso de recursos tecnológicos e fornecido aos estudantes (Ausubel, 2003).

Ainda nesta ótica, para compreender como funciona a teoria de Ausubel, o professor deixa de ser único dono do saber e assume o papel de mediador com a missão de levar o estudante ao objeto de conhecimento. O processo para uma nova informação partir do conhecimento prévio dos estudantes, e o professor / mediador, com sua especialização no assunto, irá instigá-los, nas diversas formas de condução, para torná-los formadoras de seu próprio conceito e entendimento sobre o assunto. Para o grande psicólogo da educação, Ausubel, a informação deverá interagir e ancorar-se nos conceitos relevantes já existentes na estrutura do aluno, ou seja, no conhecimento prévio do indivíduo.

Corroborando com o processo da aprendizagem significativa, o aluno deixa de ser só um ouvinte que apenas absorve as informações que o professor repassa durante os minutos que correm a aula. A mudança do papel do aluno muda e passa a ser o agente principal nesse momento, onde realiza associações de seus conhecimentos prévios com o novo significado que aprende, até chegar em uma modificação de conceitos (Moreira, 2006).

Para o professor aplicar as técnicas da aprendizagem significativa, de início será conduzir as aulas em escuta ativa, compartilhamento e trocando ideias,

observando os conhecimentos prévios dos alunos, e construindo os conceitos conjuntamente, consolidados com o entendimento extraído de cada um. É imprevisível considerar que haverá sempre um conhecimento a ser considerado (Moreira, 2002).

Segundo Moreira (1982), a teoria de Ausubel afirma que só há aprendizagem quando o aluno faz relações do que já aprende com a nova ideia apresentada, hesitando em sua análise sobre haver uma organização e integração de informações na estrutura cognitiva do aprendiz. No processo de aprendizagem cognitiva, o aluno consegue significar as origens do mundo inserido, através da nova informação, relacionando-a com algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo.

Os avanços no processo de aprendizagem são perceptíveis quando há uma reflexão sobre o conteúdo já armazenado e com o que está sendo introduzido. Portanto, o objetivo principal de incluir a Teoria da Relatividade Restrita — TRR para o ensino médio, deve estar centrado na intervenção para a reflexão de novas ideias, sobre o estudo do movimento, tempo e espaço, na identificação e diferenças entre física clássica e física moderna.

Por via, a abordagem institui correlação dos conhecimentos novos e os prévios, em uma situação de relevância para o estudante, proporcionada pelo professor, referido elemento encomendado pela PCN — Parâmetro Curricular Nacional Ensino Médio (MEC), e preconizado por Moreira (2006) “a aprendizagem significativa é o processo por meio do qual novas informações adquirem significado por interação (não associação)”.

Usando o conceito da Teoria da Relatividade Restrita — TRR, a aprendizagem significativa está centrada em:

- a) Assimilar o conhecimento prévio de espaço e tempo com o proposto por Einstein;
- b) Substituir as transformadas de Galileu entre referenciais Inerciais pelas transformadas de Lorentz;
- c) Integrar as ideias de Albert Einstein sobre tempo e espaço com as de Newton.

Por fim, o embasamento da teoria de ensino com base na aprendizagem significativa justifica o uso do material digital e seu conteúdo instrucional, produto institucional, para ser explorado pelo aluno no espaço interno ou externo da sala de aula.

2.3 A METODOLOGIA SALA DE AULA INVERTIDA (*FLIPPED CLASSROOM*)

Ampliando o escopo das estratégias postas para uma aprendizagem consolidada no entendimento do aluno, a sala de aula invertida traz outra forma de melhoria no ensino, sendo uma mudança ao aluno que estudar o conteúdo em casa e desenvolver os exercícios na escola, com os colegas e professor, e para o professor em preparar e selecionar material didático de fácil compreensão para uma leitura chamativa. Assim, o estudante deixa para trás aquela postura passiva de ouvinte e assume o papel de protagonista do seu aprendizado, contribuindo para uma aprendizagem significativa dos estudantes (Moran, 2015).

O professor é inserido no processo de aprendizagem com a procura do aluno que irá buscar esclarecimentos e tira-dúvidas quanto ao estudo lido, justamente, quando estão diante de problemática exercida em sala de aula, e nesta inversão o aluno procura o professor para consolidar o seu conceito pelo novo método. No método tradicional, o professor estará presente para transmitir o conhecimento, sala de aula, e ausente na resolução das listas de atividades, como dever de casa, afirma Bergmann (2016).

O método surge como sala de aula invertida, onde a aula teórica, a leitura de um material, um vídeo explicativo do conteúdo, pode ser visualizado pelo aluno a qualquer tempo e lugar fora do horário de aula. A presença do professor tem um papel fundamental na sala de aula, no curto espaço de tempo estabelecido nos cronogramas de turmas, exclusivo para tira-dúvidas, exemplificações, consolidação do que foi aprendido pelo aluno, para troca de experiência e compartilhamentos de saberes, e por fim, para resolução de problemas. (Bergmann, 2016)

A metodologia coloca o professor em uma nova posição de mediador do conhecimento, deixando de ser o centro, ou seja, detentor de conhecimentos, enquanto, os alunos tornam-se protagonistas do seu próprio aprendizado. O plano é, diversificar a aula de forma que o interesse sobre o conteúdo seja investigado pelo aluno, tendo como fonte materiais didáticos estratégicos, como: softwares, sites, livros digitais, vídeos, animações, e torna-os mais conectado com o aprendizado, mesmo fora da sala de aula. (Bollela, 2017)

O produto educacional contribui para a aprendizagem significativa, de forma mais interativa tanto no ensino quanto na aprendizagem, ajudando o aluno a compreender clara e objetivamente os problemas mais abstratos, como se dá nos movimentos acelerados intrínsecos na Teoria da Relatividade Restrita exposta por Albert Einstein. O aluno busca na teórica, no formato de aula à distância, o conhecimento e explicações sobre os assuntos, e no ensino presencial busca o professor para auxiliá-lo nas resoluções dos problemas. Desse modo, a metodologia desenvolve estratégias que podem tornar o aluno mais curioso, investigador e mais envolvido no conteúdo abordado. Conquistando cada vez mais o uso e apropriando-se dos materiais desenvolvidos pelo professor, certo de juntos poderem ter um direcionamento mais assertivo das resoluções de problemas e exercitando as atividades com autonomia.

A metodologia também está associada ao uso de recursos tecnológicos, quando aplicadas ao material didático elaborado pelo professor, valendo-se do produto educacional que é um material totalmente gratuito para os alunos, e de fácil acessibilidade aos seus dispositivos eletrônicos, contribuindo para a consolidação do ensino e aprendizagem do conteúdo abordado.

2.4 SITE GOOGLE - BOOTSTRAP

Outro meio de explorar o conteúdo disponível no produto educacional são os recursos digitais. Considerando que, o material por ser digital, favorece em sua totalidade do produto desenvolvido, uma vez que, parte dos livros didáticos é insuficiente em relação ao tema abordado. É de conhecimento que, em grande escala, os materiais didáticos próprios de editoras só contemplam leituras e ilustrações subjetivas, como observado por Ostemman (2002).

Em quase todos os livros didáticos não se encontra leitura que aborde com mais profundidade o assunto sobre Teoria da Relatividade Restrita (TRR) com ênfase em movimentos, porém ainda se encontra, em alguns livros, abordagens de um simples e breve relato por meio do eletromagnetismo, contudo não fazem relação com as Leis da Física Clássica. Em pesquisas sobre os conteúdos dos livros didáticos de Física indicam que os seus textos não desenvolvem um melhor entendimento principalmente da Teoria da Relatividade Restrita (TRR), porque não trazem uma distinção aprofundada entre a Física Clássica e Moderna (OSTERMANN, 2002).

Assim, com a falta de um material específico para a abordagem, e como propõe a metodologia adotada para o referido trabalho, é que motivou o plano de construir um material digital com o intuito de favorecer o ensino e a aprendizagem significativa do estudo da Teoria da Relatividade Restrita (TRR), para a apresentação dos limites da mecânica Newtoniana no estudo do movimento dos corpos.

O material didático é composto por uma sequência didática, que no que lhe concerne, compõe o material instrucional a ser disponibilizado para o aluno dentro de um Bootstrap. Por ser um recurso tecnológico, com a intenção de facilitar a programação em diversas linguagens de programação, este dispõe de ferramentas responsivas, que ajudam a promover a interação rápida do usuário e facilidade em programação, para muitos que não são familiarizados nesse ramo tecnológico. (Albino, 2015)

Há na programação responsiva o site Google, uma plataforma criada para acesso de usuários que tenham conta do Gmail, mesmo sendo de uma conta básica. O site Google é uma ferramenta disponibilizada pela Google, onde seus usuários podem criar páginas básicas e usar ferramentas da internet, seja para divulgação de produtos, empresas, criação de portfólios e até mesmo para uso educacional, como é o caso desse produto educacional. (Júnior e Coutinho, 2009).

A plataforma de Bootstrap, tem o objetivo de tornar mais popular as diferentes linguagens de programação, facilitando ainda mais para quem não tem familiaridade com os códigos em HTML.

O site Google também dispõem de layouts prontos, manuseios de botões, inserções de links, vídeos de outras páginas de internet, criação de um endereço único da página criada, e por ser de acesso totalmente grátis, assim como todas as suas ferramentas internas.

O produto educacional, foi criado na plataforma Google. Sua navegação é por páginas divididas por conteúdos, cada material possui um conteúdo de leitura de textos e imagens, além de vídeos interativos do YouTube, para que os alunos possam explorar as atividades e aulas, como também, resolver os exercícios dirigidos, existentes na página da internet.

A utilização com relação ao horário, tempo e duração no acesso à plataforma é a cargo de cada aluno, entretanto, é possível que o professor proponha prazo de entrega de atividade e agende uma aula síncrona, aluno e professor em momento real. A plataforma *Google forms*, metodologia adotada no site da *Google* para ser

usada no produto educacional, e estrategicamente foi utilizada na criação dos exercícios, de forma gratuita, de fácil acesso e navegação. Os exercícios são realizados pelo aluno e as respostas são direcionadas para o *Gmail* e *drive* do professor, como também, os resultados são enviados automaticamente para o aluno, sendo possível para o professor a visualização por gráfico as respostas dos erros e acertos dos exercícios respondidos pelos alunos.

Por fim, entende-se por ser um produto que oferece um aprendizado com uso de ferramentas digitais e gratuitas, que auxilia o professor na aplicação do conteúdo de forma dinâmica e dirigida em suas aulas, e que ajuda a diminuir o grau de dificuldade dos alunos.

Considera ainda que, esse material digital facilite no ensino, por ser aplicado na metodologia de sala de aula invertida, e por ser um recurso digital bastante didático e metódico, pode ser facilmente apreciado pelos alunos dentro e fora de uma sala, no mesmo nível de compreensão e aprendizado.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este trabalho fundamentou-se na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, com o uso da metodologia de ensino Sala de Aula Invertida, por meio de uso dos métodos tecnológicos da informação, como o *Site Google*, além da plataforma auxiliar *forms*. Desenvolvendo uma abordagem mais acessível sobre a Teoria da Relatividade Restrita, para alunos que estão iniciando os estudos de mecânica na Física. A seguir, será abordado a metodologia, o método, a teoria de ensino e o conteúdo a ser explanado no produto educacional.

3.1 TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA (UMA RELAÇÃO COM A MECÂNICA NEWTONIANA)

O estudo do movimento dos corpos ganhou uma maior evidência para ser analisado no século XVI, por meio dos estudos e experimentos verificados por Galileu-Galilei (1564 – 1642). Suas observações foram de extrema importância pelo fato de dar embasamento as Leis que viriam posteriores por Isaac Newton.

O estabelecimento de um sistema de referência para qual o corpo está sendo analisado é de imensa importância, a partir de então Galileu determinou o que pode ser considerado em um Referencial Inercial, tendo em vista suas primeiras observações a respeito de corpos com acelerações constantes em relação a outro. Ele determinou que “quaisquer dois observadores se movendo com velocidades constantes, em quaisquer direção e sentido, um em relação ao outro, obterão os mesmos resultados físicos para todos os experimentos mecânicos realizados”, sendo este constituindo o princípio da Relatividade de Galileu.

Em suas análises experimentais, foram colocados diversos observadores em distintas observações das análises do movimento de determinado corpo, e o que chamou a atenção de Galileu foram as leis da mecânica serem obedecidas independente do sistema de referência estabelecido.

Para melhor compreensão desse fato observado, tem-se o exemplo mais comum da relatividade de Galileu: “Um trem em movimento constante com um observador dentro do trem jogando uma bola para cima, e um observador em repouso do lado de fora do trem analisando a trajetória da bola”. Apesar dos observadores conterem velocidades diferentes e tracem um caminho para a bola diferente, eles iram

observar que as forças que atuam na bola são as mesmas e nesse caso as leis da Mecânica são obedecidas.

Toda essa visão difere devido a um movimento ser relativo em relação a outro. Porém, como os mesmos estão em referenciais distintos, os dois se encontram em um referencial inercial.

Nesse caso, o tempo e as coordenadas do espaço são as mesmas, mudando apenas a velocidade com que um se move em relação a outro, em que Galileu determinou para um referencial $S (x, y, z, t)$ e $S' (x', y', z', t')$, onde S' move-se com velocidade constante em relação a S . Assim, o observador no referencial S descreve o movimento da seguinte forma:

$$x' = x - vt \quad (8)$$

$$y' = y \quad (9)$$

$$z' = z \quad (10)$$

Como o tempo é absoluto e não se altera quando analisados de distintos pontos de referência do movimento, logo para Galileu:

$$t' = t \quad (11)$$

Essas equações constituem, então, as transformadas de Galileu Galilei para sistemas de coordenadas, como observadas também no material II.

A partir dessa transformação do espaço de Galileu é possível também analisar as transformadas para a velocidade, dadas em:

$$\frac{dx'}{dt'} = \frac{dx}{dt} - v \quad (12)$$

$$u'_x = u_x - v \quad (13)$$

Isaac Newton (1643 – 1727) compreendeu essas formulações de Galileu e somente no século XVII foi então que formulou as três principais leis da Mecânica do movimento dos corpos:

- a) 1ª Lei de Newton: Lei da Inercia (Todo corpo que está em movimento/repouso, tende a continuar em movimento/repouso);

- b) 2ª Lei de Newton: Principal Lei da Dinâmica em que determina, a força resultante que atua sobre um corpo, o mesmo adquire ou possui uma aceleração ($\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$). (14)
- c) 3ª Lei de Newton: Ação e reação, resultante da interação de forças de mesmo tipo entre dois corpos ($\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$). (15)

Porém, como já exposto nesse trabalho, a abordagem eletromagnética contribuiu muito para os avanços da História da Ciência e da Física Moderna e Contemporânea. Através do experimento de Michelson (1852-1931) – Morley (1838-1923), ao investigar o dilema da mecânica não incluir experimentos que envolvem velocidades muito altas, em referenciais inerciais distintos.

Nesse famoso experimento, conhecido como interferômetro de Michelson, foi possível provar que a luz se propaga mesmo no vácuo. Como também seu objetivo era determinar a velocidade da Terra relação ao espaço na presença do éter. Através de um divisor de feixe de Luz que cruzava um espelho semitransparente no centro do interferômetro, parte da luz sofria o fenômeno da refração e a outra parte reflexão. Nessa situação o feixe de luz retornava para o divisor, podendo assim calcular a distância em função do tempo, ou seja, o módulo da velocidade, encontrando o valor de c .

A partir dessas comprovações estudadas pela eletrodinâmica dos corpos, foi possível observar as discrepâncias que tínhamos ao estudar a dinâmica dos corpos pelas noções limitadas entre espaço e tempo.

Dessa forma, Einstein criou sua Teoria da Relatividade e baseou-se em dois postulados:

- a) 1º Postulado de Einstein: “Todas as Leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais”;
- b) 2º Postulado de Einstein: “A velocidade da luz no vácuo possui o mesmo valor em todos os referenciais inerciais”.

Em seus postulados, onde explicava que as aplicações das leis de Newton eram explicadas apenas para referenciais inerciais iguais e em velocidades baixas, comparadas a da luz, e constantes em relação a outro corpo, o que se altera são os conceitos do conhecimento prévio, é uma prova de verdade sobre o espaço e tempo absoluto.

Para isso, Einstein apresenta situações em que esses conceitos não são absolutos e sofrem consequências de comportamento na dinâmica dos corpos em diferentes referenciais, incluindo altas velocidades como a da luz e do elétron.

Em continuidade, Einstein descreve uma situação objetiva e mental para explicar o conceito de simultaneidade, e apresentar as divergências de espaço e tempo quando observados de referências distintos. Nessa situação, ele descreve dois observadores, O e O', onde O se encontra em repouso fora do movimento, e um vagão de trem, atingido por dois raios no mesmo ponto do vagão e no mesmo intervalo de tempo, da mesma forma, descreve outro observador no vagão, O', onde o mesmo observa esses dois raios não atingindo em simultâneo, o mesmo local do vagão do trem.

Nessa situação, a hora e o evento são simultâneos para um dado referencial e os tempos e espaços possuem o conceito absoluto, e em outro momento a situação não obtém o conceito de espaço e tempo absoluto devido ao movimento do corpo em outro referencial não ser constante. Assim, surgem as consequências de espaço e tempo descritas na teoria da relatividade restrita.

Contribuindo para a TRR, o físico Hendrik Lorentz (1853 – 1928), desenvolveu em seus trabalhos sobre o eletromagnetismo a transformada para a velocidade da luz, quando observada de um referencial inercial distinto, chegou ao conhecido como fator de Lorentz, suas transformadas auxiliaram Einstein a eliminar a discrepância que existia nas aplicações da mecânica Newtoniana ainda pelas transformadas de Galileu, explicando também as consequências encontradas no espaço e tempo.

Seu fator, desenvolvido por atribuições matemáticas, envolve a relação da velocidade de um corpo em relação à velocidade da luz. O fator Lorentz foi utilizado em toda a TRR. A partir dessa expressão encontrada, temos as aplicações das Transformadas de Lorentz para sanar as discrepâncias encontradas nas transformadas de Galileu em referências inerciais distintos. Desse modo temos:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (17)$$

Ficando conhecida como o fator de Lorentz, onde suas transformadas do referencial inercial S para o referencial S', compreende-se em:

$$x' = \gamma (x - vt) \quad (18)$$

$$y' = y \quad (19)$$

$$z' = z \quad (20)$$

$$t' = \gamma \left(t - \frac{v}{c^2} x \right) \quad (21)$$

Da mesma forma, podemos alternar e transformar de S' para S, substituiremos v por $-v$, resultando em:

$$x = \gamma (x' + vt') \quad (22)$$

$$y = y' \quad (23)$$

$$z = z' \quad (24)$$

$$t = \gamma \left(t' + \frac{v}{c^2} x' \right) \quad (25)$$

É importante observar que, essa transformada de Einstein a partir da junção do fator de Lorentz, se reduzem as transformadas de Galileu, quando $v \ll c$, onde o γ tenderá igual a 1, e as equações não sofreram alteração.

Em consequência, os postulados e aplicação das transformadas de Lorentz, tem-se a primeira consequência observada na situação do vagão descrita por Einstein. A divergência do tempo em que o raio atinge pontos diferentes do vagão, ou seja, o tempo que o raio 1 atinge a parte da frente do vagão difere do tempo que o raio 2 atinge a parte de trás do vagão.

Isso, devido ao movimento que se encontra o vagão de trem e por essas circunstâncias o tempo sofre uma variação em relação ao observador que estava em repouso. Tendo duas marcações de tempos em S e S', em que Δt intervalo de tempo medido no referencial próprio, e $\Delta tp'$, sendo o tempo de intervalo não próprio em S'. Desse modo, configurando uma Dilatação do Tempo, apresentadas por:

$$\Delta t = \gamma \Delta tp' \quad (26)$$

De maneira análoga, acontece com o espaço, em que quando medido de referenciais distintos, encontra inconstâncias. Sendo S medido do repouso ou velocidade constante em um referencial inercial, e o S' de um não inercial. Aplicando os postulados de Einstein e o fator de Lorentz para as transformadas, temos:

$$L = \frac{L'p}{\gamma} \quad (27)$$

Onde L é o comprimento medido por S , e L_p' o comprimento por S' medindo um comprimento mais curto. Um comprimento próprio medido por um referencial em repouso ou com velocidade constante, e outro não próprio de um referencial inercial distinto em movimento com velocidades próximas de c .

A equação (27) demonstra que para um referencial que, se encontra em movimento com velocidades próximas de c , medirá o comprimento de um corpo ($L^\wedge$), menor do que para quem se encontra em um referencial em repouso ou com velocidade constante (L_p). Isso é uma consequência da simultaneidade de Albert Einstein, em que implica na resolução do espaço não ser absoluto.

Para melhor compreensão das situações descrita acima, sobre as consequências da aplicação dos postulados de Einstein, há os paradoxos, o qual comprovam as exigências encontradas na TRR. O paradoxo dos gêmeos, em que na situação são colocados os irmãos gêmeos em diferentes referenciais, estando um viajando com velocidade próxima de c .

O entendimento para o paradoxo dos gêmeos encontra-se na observação dos movimentos relativísticos em cada referencial, de modo que não se torna eventos simétricos, onde apenas um referencial pode obter as medições exatas do tempo, aquele que está em movimento uniforme, em um referencial inercial.

Observando o movimento das partículas para velocidades consideradas muito altas, leva-se em conta também que o fator de Lorentz deve vir a adaptar a equação do momento linear clássico, conforme o referencial observado da partícula. Para isso, devemos lembrar a equação para momento linear clássico, para velocidades muito baixas, comparadas com a da luz:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (28)$$

Onde para v próximo de c , em um referencial inercial S' distinto, tem-se a nova equação:

$$\vec{p} = \gamma m \cdot \vec{v} \quad (29)$$

Partindo da definição de momento em que é dado por:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (30)$$

Dada a definição de força resultante pela 2ª Lei de Newton, onde a aceleração é multiplicada pela massa da partícula. Essa relação também pode está associada com o fator de Lorentz, para quando a força da partícula em um referencial S', tem-se a $a \propto (1 - \frac{v^2}{c^2})^{\frac{3}{2}}$ (31), onde a força finita se aproximaria de zero, limitando assim uma partícula que possui massa acelerar do repouso até atingir $v \leq c$. Sendo assim, nenhuma matéria viaja no espaço com velocidade igual ou maior que c .

Por fim, concluímos a análise do conteúdo, finalizando a observação que Einstein certificou quanto a energia de um corpo em movimento. Destacando que, a energia cinética do corpo em movimento quando para v próximo de c , quando para movimentos relativísticos, deve-se aplicar uma massa também relativística:

$$m = \gamma m_0 \quad (32)$$

Vale ressaltar que nessa equação acima, temos dois conceitos próprios da massa, relativística e de repouso. A massa relativística é aquela que tem interação da partícula com a energia cinética, onde ela varia conforme a sua velocidade, em que não há conservação de energia e durante o movimento em alta velocidade, a massa da partícula é transferida para a energia cinética. Já a massa de repouso é invariante independente de seu observador e velocidade, independente da energia cinética que adquira a partícula ela se conserva.

A partir dessa relação, a massa é um atributo físico que depende da velocidade em que se encontra e do referencial onde o observador de encontra, isso porque a massa exata apresentada na mecânica Newtoniana, considera as baixas velocidades que se encontra o corpo, e por isso a massa sem a transformada de Lorentz é conhecida como massa de repouso.

Einstein, através de sua teoria da relatividade, constatou a interação de partículas com a energia, definindo a equivalência da massa e energia. Para as massas de repouso, havia uma energia de repouso, onde a massa e a energia se conservavam independente do referencial inercial. A partir da análise da massa relativística e interação com a energia cinética, tem-se:

$$Ec = \frac{1}{2} mv^2 \quad (33)$$

Baseada na relação momento- energia para relações de corpos em altas velocidades, é dada por:

$$E = (pc)^2 + (m_0c^2)^2 \quad (36)$$

Ao derivar a equação acima (36), chega-se a expressão da energia relativística, como representado abaixo:

$$E' = (\gamma - 1)mc^2 \quad (37)$$

Como a equação acima relaciona a massa relativística, do ponto de vista da TRR, a massa relativística é um conceito de grande relevância para partículas envolvidas em processos atômicos e nucleares.

Finalmente, chega-se à conclusão da trivial equação de Einstein que consiste a partir da equivalência da massa – energia, quando analisada a energia da partícula a partir do repouso, a energia total da partícula na TRR para um sistema de massa relativística é dada por:

$$E = mc^2 \quad (38)$$

3.2 METODOLOGIA DE ENSINO (SALA DE AULA INVERTIDA)

A metodologia sala de aula invertida, conhecida também como *Flipped Classroom* (termo inglês), está inserida como uma metodologia ativa, pois se concentra no contexto onde os discentes sejam agentes ativos e os docentes passivos no processo ensino e aprendizagem. (Bergmann, 2016)

Nesse processo de tornar o discente como agente ativo, tem-se uma inversão no papel do professor, pois na maioria das metodologias associadas ao ensino e aprendizagem, se concentra o professor como centro do saber e o detentor de conhecimento, e os discentes meros ouvintes do saber e que levam suas dúvidas para serem sanadas em casa durante as resoluções de exercícios e o que muitas das vezes se frustravam por não conseguirem.

Dessa maneira, surge a ideia de inverter a ação do aluno, levar a dúvida com os exercícios para casa e trazer para serem realizadas na sala de aula com o auxílio do professor, mediando esse momento. Essas dúvidas são sanadas de maneira que os discentes são quem buscam seus conhecimentos teóricos fora do ambiente da sala

de aula e não espera o professor depositar em suas mentes como é realizado de maneira tradicional.

As metodologias ativas se encontram hoje mais abrangentes, associadas com as TIC's (Tecnologias e Informação da comunicação), onde os discentes utilizam meios tecnológicos para acessar os materiais de aula, sejam por vídeos, imagens, áudios e textos. A leitura e acesso a esse material fora do momento da aula é de grande importância para que o discente, tenha o primeiro contato com os novos conceitos a serem aprendidos e construam seus próprios conceitos.

Desse modo, a metodologia ativa propõe o discente como o protagonista do saber e da formação crítica de seus conceitos. A utilização de um ambiente externo, fora do horário de aula, para explorar a compreensão e entendimento dos conteúdos, visa estimular a autonomia e compromisso do discente com o conteúdo. E através das explorações que objetiva o uso dos recursos tecnológicos que o aluno possui acesso.

As tecnologias estão diretamente ligadas as metodologias ativas, principalmente na metodologia sala de aula invertida. Onde o discente busca meios tecnológicos para a exploração dos conceitos a serem aprendidos de maneira rápida e sem a presença das aulas expositivas do professor. O professor é apenas o mediador na construção desse saber, mediando nas discussões, nas dúvidas durante as resoluções de situações, problemas e exercícios.

A proposta da metodologia ativa, está inserida em utilizar os horários e locais fora da sala e da aula sem a presença do professor para descobertas. Momentos esses que o discente pode estar assistindo um vídeo em um intervalo de descanso, ouvindo por meio de fone de ouvido algum áudio que traga o conteúdo, uma leitura durante o caminho no ônibus, o até mesmo o acesso a sites como é o que propõe esse trabalho. Esses momentos sempre em horários alternados do dia a dia e com o tipo de dispositivo eletrônico disponível, seja tablet, smartphone ou notebook.

Segundo Schneiders (2018), a metodologia necessita de um planejamento antes de ser aplicada, os conteúdos devem ser selecionados pelo professor, considerando o nível de dificuldade e disponibilidade de materiais alternativos disponíveis para acesso do discente, além de que as aulas devem manter o professor como orientador de debates, simulações e resoluções de exercícios.

Para a aplicação da referida metodologia, de acordo com Schneiders (2018), faz-se necessário na elaboração da unidade didática do docente, os verbos de ação estejam divididos conforme o momento para a aprendizagem, onde fora do ambiente

e horário de aula, o discente deverá apenas entender o conceito, conteúdo, o material. Enquanto, no momento no horário e sala de aula os verbos ser, agir, explorar, compreender e interagir os conteúdos e conceitos.

Para que essa inversão de momentos no processo de ensino e aprendizagem ocorra sem prejuízos, é fundamental que haja uma orientação prévia dos momentos com os alunos e docentes, esclarecendo como cada momento irá funcionar, facilitando a aplicação da metodologia de maneira correta e bem sucedida.

Em síntese, a sala de aula invertida está ganhando cada vez mais espaço nos planejamentos de aulas dos professores, por seu sucesso no processo de ensino e aprendizagem dos discentes, considerando o andamento do conteúdo, facilitando o entendimento de conceitos mais abstratos, com níveis de compreensão mais altos que os demais.

O trabalho inserido na metodologia ativa para a aplicação do conteúdo de FM que necessita por vezes de materiais mais equipados e de alto custo para a compreensão, pode por meio da sala de aula invertida, explorar recursos tecnológicos através dos acessos pelo do site grátis, vídeos, animações, simulações, jogos, textos, além dos materiais elaborados pelo docente, também em meio eletrônico (site), sendo um recurso a mais para o discente explorar sua curiosidade.

4 PRODUTO EDUCACIONAL

4.1 SEQUÊNCIA DA UNIDADE DIDÁTICA (O MATERIAL INSTRUCIONAL)

O material instrucional deste trabalho, fazendo-se como o produto educacional, desenvolvido como requisito do programa de pós-graduação no ensino de Física, partiu das dificuldades evidenciadas pelos alunos quanto a abordagem do conteúdo explorado, “Os limites da Mecânica Básica e a Teoria da Relatividade Restrita”. A partir de então, foi elaborado um cronograma da sequência didática a ser aplicada em acesso à metodologia ativa adotada nesse trabalho, conforme segue na tabela a seguir:

Quadro 1 - Exibição do cronograma de aplicação da sequência didática

Encontro	Material	Momentos	Recursos	Duração
01	REFERENCIAL: Referencial inercial e não inercial; Ponto Material e Corpo extenso;	Exploração do material da subpágina do <i>site google</i> fora da sala de aula. Discussão e resolução de questões em sala de aula com mediação do professor.	<i>Site google</i> (link disponibilizado em aula); celular <i>smartphone/ notebook, internet, projetor</i> multimídia.	50 minutos
02	POSTULADOS DE EINSTEIN: Sistema de coordenadas para Referenciais inerciais distintos; Velocidade da Luz; Transformadas de Galileu Galilei Fator	Leitura e visualização do material em horário contra turno ao da aula. Mediação do professor durante as aulas.	<i>Site google</i> (link disponibilizado em aula); celular <i>smartphone/ notebook, internet,</i>	50 minutos

	de Lorentz; Transformadas para o referencial não inercial.		projektor multimídia.	
03	SIMULTANEIDADE: Eventos não simultâneos e simultâneos em relação ao tempo; Tempo e espaço não absolutos em velocidades muito altas; Transformações do fator de Lorentz para corpos em Referenciais inerciais distintos.	Uso do material <i>site google</i> na terceira subpágina de conteúdo, fora do ambiente e horário de aula. Resolução da lista do site google por meio de interação e discussão entre professor e alunos.	Site google (link disponibilizado em aula); celular <i>smartphone/</i> <i>notebook,</i> <i>internet,</i> projektor multimídia.	50 minutos
04	Dilatação do tempo e Contração do espaço: Tempo e espaço não absolutos em Referenciais inerciais distintos; Paradoxo dos gêmeos; Paradoxo da vara e do celeiro.	Leitura e visualização do material em horário contra turno ao da aula. Mediação do professor durante o segundo momento de interação.	Site google (link disponibilizado em aula); celular <i>smartphone/</i> <i>notebook,</i> <i>internet,</i> projektor multimídia.	50 minutos
05	Momento Linear Relativístico	Uso do material digital fora do ambiente da sala de aula. Resolução de dúvidas e	Site google (link disponibilizado em aula); celular <i>smartphone/</i>	50 minutos

		questões disponibilizadas no material em sala de aula com mediação do professor.	<i>notebook, internet, projetor multimídia.</i>	
06	Energia Relativística de corpos em Referencial Não Inercial	Exploração do material da subpágina do <i>site google</i> fora da sala de aula. Discussão, resolução do questionário disponibilizado no <i>forms</i> e conclusão em sala de aula com mediação do professor.	Site google (link disponibilizado em aula); celular <i>smartphone/ notebook, internet, projetor multimídia.</i>	50 minutos

Essa sequência de unidade didática foi elaborada com a intensão de fornecer uma orientação didática sobre o ensino de FM associada com a FC, sem a interrupção do conteúdo programático, obedecendo ao planejamento de conteúdos sugeridos pelos documentos oficiais do MEC para a série a ser aplicada, neste caso a 1ª série do EM. Além de auxiliar o professor a como seguir com as aulas no formato da metodologia ativa escolhida.

4.2 A METODOLOGIA ATIVA DO MATERIAL INSTRUCIONAL

Em consonância com a sequência das unidades didáticas, a metodologia ativa escolhida (sala de aula invertida) interligou os conteúdos absorvidos pelos alunos sobre o movimento dos corpos, já estudados em um momento recente e com a explanação da dinâmica, associar com os conceitos dispostos nesse trabalho. Essa

metodologia se torna ativa por oferecer ao aluno a oportunidade de ser um agente ativo na construção de sua aprendizagem consoante a abordagem do conteúdo.

Dessa forma, a metodologia ativa concedeu realizar uma organização da sequência didática ser dividida em dois momentos associados e integrando a aprendizagem mesmo fora do horário e do ambiente da aula, conforme está descrito na tabela a seguir:

Quadro 2 – Descrição dos momentos de Interação durante a aplicação.

Momento 1	Integração do discente com os conceitos do conteúdo proposto a ser explorado. Através de um momento precedido de casa, transporte, área aberta ou qualquer outro ambiente que não seja a sala de aula.
Momento 2	Interação do discente com o docente em sala de aula, no horário programado da aula para melhor absorção do conteúdo e resolução de problemas juntamente com exercícios, como também realização de mapas mentais e discussões, com o objetivo de consolidar o conteúdo absorvido no momento 1.

4.3 A RELAÇÃO DOS CONTEÚDOS NO MATERIAL INSTRUCIONAL

Além da metodologia ativa adotada na sequência de unidade didática, o conteúdo da TRR inserido nesse produto educacional, deve desenvolver uma associação direta e na mesma cronologia das aulas sobre o estudo da mecânica. Assim, como as aulas de Física na turma da 1ª série do EM são de 50 (cinquenta) minutos por aula, podendo ser dividida entre cada aula com o estudo de um dos seguimentos da mecânica, FC e FM. A divisão dos conteúdos deve ser pautada na associação em que cada conceito pode estar interligado, conforme está descrito abaixo:

Quadro 3 – Descrição dos conteúdos associados em Física Clássica e Física Moderna

Conteúdo de Física Clássica Programado	Conteúdo de Física Moderna Associado
Referencial	Referencial Inercial e não inercial
Movimento em referencial inercial	Simultaneidade de eventos
Tempo absoluto	Dilatação do tempo
Espaço absoluto	Contração do espaço
Momento Linear	Momento Linear Relativístico
Energia Cinética	Energia Relativística

Essas relações entre os conteúdos de Física estão descritas na descrição do produto educacional, no apêndice A, onde os mesmos estão descritos por unidades didáticas, definidas para cada encontro, considerando as dificuldades, as habilidades e competências, conforme sugere a BNCC para o currículo no EM. Além de ser exibir as avaliações que serão consideradas durante a aplicação desse trabalho, como também os recursos e as finalidades de cada etapa.

Portanto, esse produto educacional foi formado na perspectiva de melhorar as práticas de ensino no que envolve o conteúdo de Física Moderna escasso em livros didáticos e das práticas de laboratório. Adequando a metodologia a aplicação para esse trabalho, sem eludir os planejamentos de conteúdos de Física programados para a turma inserida nessa sequência de unidades didáticas, espera-se que os objetivos sejam alcançados, a partir da consolidação dos conteúdos apresentadas através da interação e dos resultados expostos por meio do que informa o *Google forms*.

Por fim, os resultados obtidos pela plataforma Google foi possível devido a outro recurso, *forms*, em que é uma plataforma de criação de formulários, onde para esse produto foi utilizada para elaboração de exercícios. Dentro do *forms* é possível visualizar quem acessou e respondeu o questionário, o horário que foi respondido, a quantidade de acertos, pode ser atribuído notas, além dos relatórios de mais e menos acertos e gráfico de desempenho da turma.

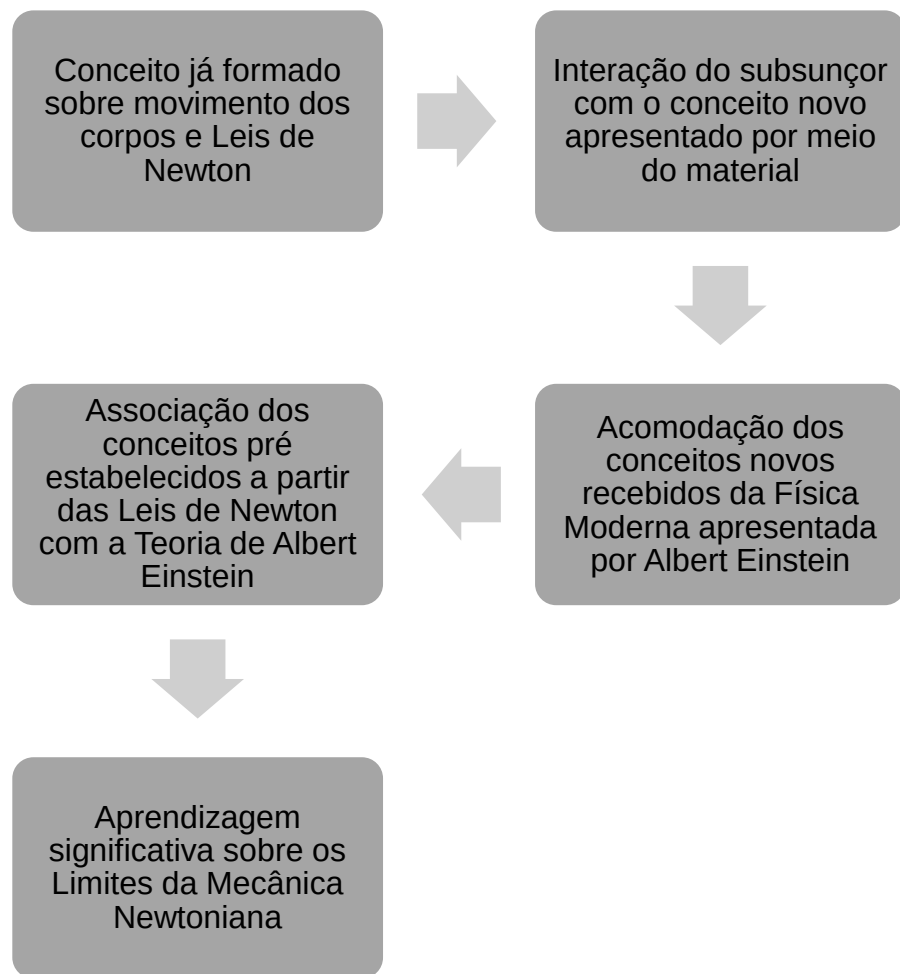
4.4 A RELAÇÃO DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM O PRODUTO EDUCACIONAL

A unidades didáticas sequenciadas de uma forma associada cronologicamente com os conceitos que os discentes já haviam estudado, ou estão estudando durante a abordagem da FC, sugere que a aprendizagem seja consolidada, de maneira que os conteúdos abordados não sejam apenas representações de aulas. A fixação e a aplicabilidade do mesmo sejam possíveis. Conforme a metodologia ativa adotada nesse produto educacional, existe a necessidade da aprendizagem ter significado com a vivência acadêmica do aluno, não sendo apenas uma memorização mecânica da aula.

Por seguinte, a teoria de aprendizagem adotada para essa aplicação das sequências das unidades didáticas formadas é a teoria de Ausubel, denominada como aprendizagem significativa, que desenvolve a aprendizagem no aluno por meio de estágios. Conforme é proposto nesse conteúdo sobre os limites da Mecânica Newtoniana, a partir de um conceito já formado.

Para o docente compreender as associações que os conteúdos e estágios irão ser desenvolvidos durante os momentos da aula, é dada a explicação da tabela abaixo em que apresenta os estágios e compreensão dos conceitos formadores nesse processo do ensino de Física na 1ª série do EM.

Quadro 4 – Associação da Teoria da Aprendizagem significativa com os conteúdos da produto educacional.



A partir da esquematização apresentada acima sobre a aplicação da Teoria de aprendizagem acerca do conteúdo abordado nesse trabalho, é possível notar que o agente ativo nesse processo é o discente, e é necessário o mesmo está disposto a aprender os novos conceitos por meio do material, sendo apresentado nesse produto, visto que o docente estará presente em apenas um dos momentos da aprendizagem e como mediador. O qual, como é sugerido nos processos das sequências de ensino das unidades didáticas, o professor pode realizar associações com os discentes por meio de mapas mentais para resolução de algum problema, dúvida ou questão.

Além desse processo, o docente precisa perceber se os estágios da aprendizagem estão sendo cumpridos cronologicamente durante a aplicação, para não haver um processo de aprendizagem inverso, confuso ou apenas de memorização, ou até mesmo os momentos definidos da metodologia ativa sejam invertidos, o qual fugirá dos objetivos a serem alcançados nesse trabalho.

Assim, o discente necessita ser mediado, de maneira a ser observado como está sendo o contato com o material, a exploração do conteúdo está sendo suficiente e se algum conteúdo não foi compreendido para ser consolidado como sugere essa teoria. Por conseguinte, este é um conteúdo bastante abstrato como já apresentado não só por esse trabalho, mas por outros autores também. Porém, o professor tem por meio da junção de estratégias adequadas de ensino consolidar esse conteúdo sem muitos formalismos matemáticos, onde exijam apenas a memorização, ou só de laboratórios bem equipados, sofisticados e de alto custo. Esse material sugere uma adequação dos conceitos da FM, junto da FC, através da teoria de aprendizagem significativa e da metodologia sala de aula invertida, adjunto das tecnologias que já são do cotidiano das nossas salas de aula.

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Esse produto educacional elaborado durante o curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física foi aplicado na escola particular Batista Carlos Mathews, localizada em São José de Mipibu, município do Rio Grande do Norte, na turma do 1ºano do ensino médio, durante os estudos de Mecânica Newtoniana no período pós-pandemia, ainda, em continuidade com o ensino híbrido no segundo semestre do ano de 2021.

A escola não possuía laboratório de Física Moderna, apenas laboratório de ciências com materiais de baixo custo, impossibilitando a aplicação de aulas práticas de FM.

A turma do 1º ano era composta por 17 (dezesete) alunos, sendo 08 (oito) meninas e 09 (nove) meninos. Todos demonstravam interesse pelas aulas de mecânica Newtoniana, pois ficavam ansiosos para saber mais sobre às três Leis de Newton. Aproveitando o interesse e curiosidade deles durante a transmissão de conteúdo, foi inserido a proposta de resolver situações problemas, estimulando e instigando os alunos a compreender a teoria e limites das Leis de Newton. Lembrando que, conforme proposto nesse trabalho, para adentrar com um novo conceito da abordagem seguinte, antes é conversado em sala de aula entre o docente e os discentes para se ter uma sequência lógica entre os conteúdos. Neste mesmo momento com a turma, é apresentado o material e da metodologia como exposto nos registros abaixo.

Fotografia 1 – Apresentação do material alternativo, elaborado pelo docente para a exploração dos Limites da Mecânica Newtoniana



Fonte: Da autora.

Fotografia 2 – Apresentação do site e do acesso e manuseio, divisão dos materiais e dos momentos, como sugere a metodologia



Fonte: Da autora.

Com esse direcionamento, os discentes estudaram o contexto histórico contido do material disponível do site, e com base nas suas compreensões explorar a atividade do material 1. Para o próximo encontro, a discussão ficou para resolver as atividades conjuntamente, entre o docente e discente, seguindo o processo de aplicação conforme previsto no material do produto.

Seguindo com as atividades, num novo encontro, percebeu-se que os alunos realizaram a exploração do material, leram os textos curtos que contem no site, assistiram ao vídeo sugerido, e começaram a tirar suas dúvidas. Durante a participação escuta com as discussões sobre o material 1, os discentes realizaram o primeiro exercício, disponível no material, onde iriam acessar por meio do site na aba “Exercício 1”.

No andamento da atividade foi possível perceber que os alunos houve trocas de ideias entre os discentes, cada um participando apresentando seu entendimento, o caminho que seguiu para resolução das situações problemas, por sua vez o professor se inseriu como mediador para mostrar os caminhos e sanar as dúvidas. Para a execução dessa atividade foi solicitado a permissão do uso do celular em sala de aula, visto que, os alunos dessa turma estavam com os seus dispositivos móveis em mãos na aula, ressaltando o acesso da rede wi-fi da escola (internet sem fio gratuita), exclusivo para dar suporte ao ensino e nas atividades educacionais.

Fotografia 3 – Aplicação da metodologia sala de aula invertida no momento durante a sala de aula, resolução de exercícios



Fonte: Da autora.

Durante os momentos das resoluções dos exercícios, inseridos no material do site e também no *google Forms*, com a condição de ser resolvido de imediato pelos alunos, baseado nas respostas que enviaram e pela quantidade de acertos na primeira lista de exercícios. Essa prática fornece ao docente informações a respeito sobre a maior quantidade de respostas certas ou erradas em cada questão, frente a uma ferramenta de ajuda ao docente na percepção do nível de compreensão da turma em cada tópico novo abordado.

A aplicação do produto educacional foi realizada em sete (7) encontros, conforme definido no cronograma de aplicação, e cada encontro presencial teve 50 minutos de hora/aula. As atividades realizadas em sala de aula iniciavam com os comentários dos alunos sobre o estudo feito do material, inerentes aos novos conceitos, e elogios foram se espalhando em relação à metodologia aplicada sobre o assunto.

Houve muita interação entre os discentes durante as resoluções dos exercícios, o que deixou eles bastante à vontade na sala de aula para fazerem pergunta ao docente. Como também, de irem até um ir para debater sobre questões, buscando encontrar outras fontes para complementar ou auxiliar na compressão do tema em um linguajar comum entre eles. Esse método interativo com utilização da tecnologia como

ferramenta para chamar a atenção dos alunos foi empregado em todos os sete encontros da disciplina.

Durante as resoluções dos questionários no Forms, o docente deve seguir tirando as dúvidas individualmente ou em grupo de aluno, acompanhando em cada questão e mediando todo o andamento da discussão e compreensão do conteúdo, sem grandes dificuldades.

O produto instrucional foi aplicação em período pós-pandemia, fase onde os discentes estavam em processo de adaptação após afastamento social, por motivo do cumprimento as medidas de proteção a biossegurança, respeitando os alunos do grupo de risco. O material digital disponibilizado agregou e contribuiu consideravelmente no ensino híbrido, remotamente com aulas síncronas e assíncronas, como também, no retorno as aulas presenciais, mantendo os estudantes envolvidos e sem interrupções nos estudos.

No intervalo onde o mundo passou de isolamento social devido à pandemia, a inovação com o material digital e a metodologia sala de aula invertida muito auxiliou no ensino para a compreensão do conteúdo abstrato. E nesta perspectiva, os materiais digitais colaboraram também para evitar o contato das mãos para o uso de materiais impressos. Outra opção evitou alunos levarem exercícios em meio físico, ressaltando que uma das dificuldades enfrentas pelos alunos foi o professor ministrar as aulas falava com máscara, abafando o volume da voz e impedindo a leitura labial.

Mesmo com o uso de máscara de proteção e o distanciamento na sala de aula, os encontros para as realizações das atividades, não impediu que o professor atendesse da melhor maneira possível as solicitações de tira-dúvidas e esclarecer as dificuldades apresentas pelos alunos, no momento da resolução das questões.

Por fim, a jornada de aplicação do produto finalizou com a resolução da atividade do material VII, conforme previsto no planejamento desse trabalho. Certo que, os momentos presenciais seguiram de discussões e debates com as situações problemas, propostas como cada material contendo seus conteúdos formativos e exercícios. Ressaltando como ponto positivo que durantes os encontros, alunos considerados tímidos na turma, tiveram uma nova postura ao se mostrar participativo e interessado em tirar as dúvidas, compreendendo com mais clareza o tema e conseguindo maior quantidade de acertos.

6 ANÁLISES DOS RESULTADOS

Com a aplicação desse produto educacional, foi possível analisar os resultados dos alunos por meio dos dados fornecidos pelo Google Forms em cada material utilizado, tanto como ferramenta didática como diagnóstica em relação ao material e a abordagem do conteúdo.

Nessa trilha, o objetivo foi alcançado com a possibilidade de perceber as dificuldades e facilidades de compreensão explicada em cada tópico aprofundado no material do site, além de, obter os dados aos quantitativos de acertos e erros em cada questão respondida. Foi um imenso aproveitamento, a análise desse trabalho, tanto nos exercícios resolvidos durante o horário de aula, com a participação do professor na mediação dos conhecimentos e tira-dúvidas para resolução dos problemas, quanto no alinhamento aos entendimentos e apropriação dos temas, com foco na autonomia dos discentes em buscar as suas próprias respostas.

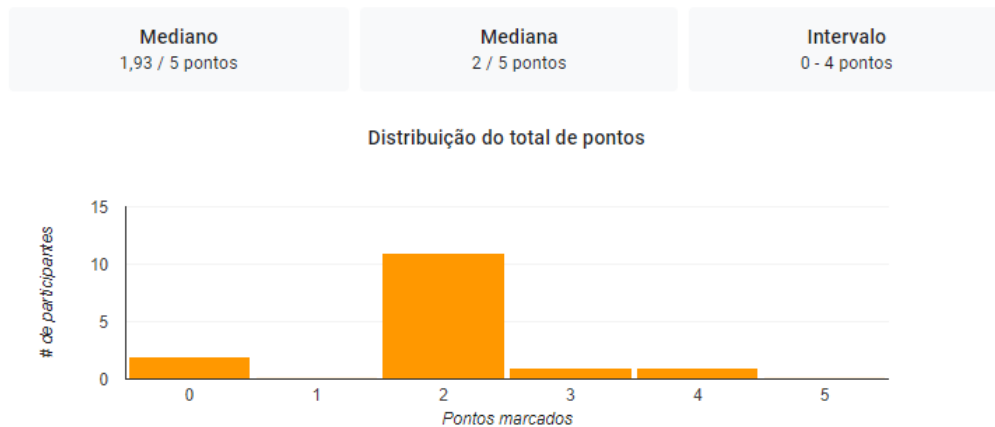
O produto alcançou um nível de satisfação acima do esperado na turma, visto ter atingindo 100%, participação dos alunos, em todos os momentos de aula. O uso da ferramenta forms e o dispositivo eletrônico nas aulas remotas, possibilitaram a participação dos alunos em massa, com interação entre o docente, explorando cada material, durante cada encontro.

Com base nas análises dos materiais, foi verificado que cada etapa apresentou questões a serem desenvolvidas para identificação dos conhecimentos adquiridos na abordagem do assunto, e qual o nível de dificuldade apresentado da turma, inclusive

quanto ao conceito formado. O gráfico disponibilizado pelo Google Forms abaixo, resume o exercício do material I:

Gráfico 1 – *Google forms*, resumo sobre o exercício do material I

Informações



Fonte: Da autora.

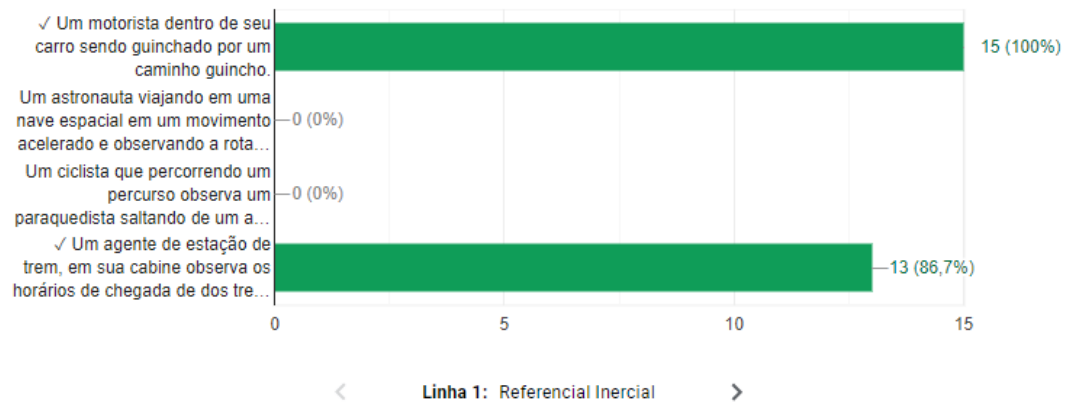
A partir da análise desse material I, estão apenas às três questões com múltipla escolha, visto que duas das questões eram subjetivas e de entendimento pessoal. Desse modo, o gráfico conduz a uma compreensão de que de modo geral das três questões contabilizadas a maioria dos alunos acertaram duas questões. O que, mostra de fato que, obtivemos bons resultados para essa primeira parte introdutória. Sendo a questão com índice de maior e menor acerto apresentadas abaixo:

Gráfico 2 - Questão do material I com maior porcentagem de acerto

Considerando as situações descritas abaixo numere cada caso de acordo com o referencial que mais se adequa:

 Copiar

13 / 15 respostas corretas



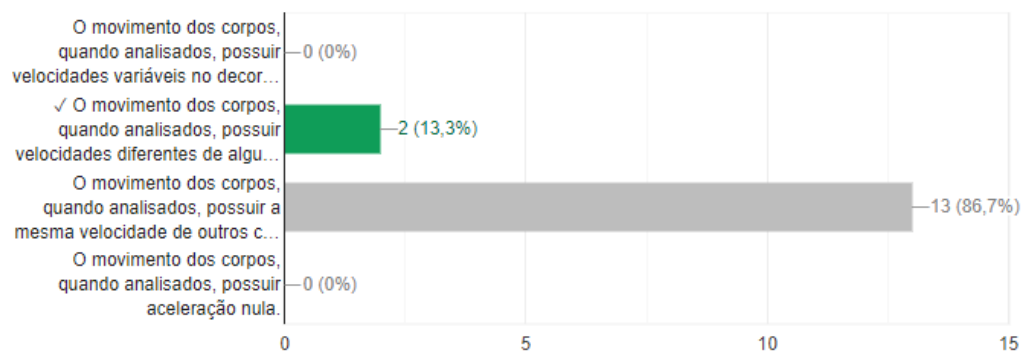
Fonte: Da autora.

Gráfico 3 – Questão do material I com menor porcentagem de acertos

Considerando o estudo realizado no material I, e a análise do gif abaixo. O conceito para um Referencial Inercial é válido quando:

 Cc

2 / 15 respostas corretas



Fonte: Da autora.

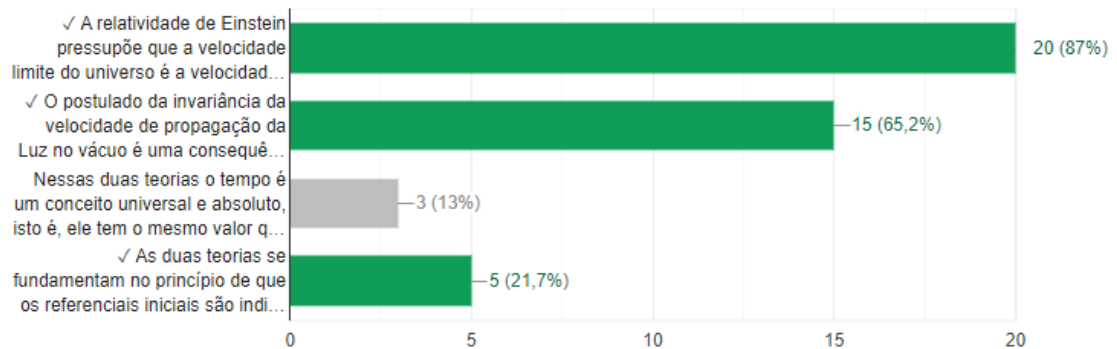
Em seguida, também foi possível obter os rendimentos colhidos pelos alunos de cada material que foram passados durante a aplicação, conforme segue a ordem das imagens dos gráficos disponibilizadas pelos formulários:

Gráfico 4 – Questão com maior quantidade de acertos do material II

Na leitura que pode ser feita no material II, percebemos claramente que há diferenças entre o que afirma a relatividade de Einstein e a relatividade de Galileu - Newton. Considerando essa análise temos quais seguintes afirmações corretas?

 Copiar

2 / 23 respostas corretas



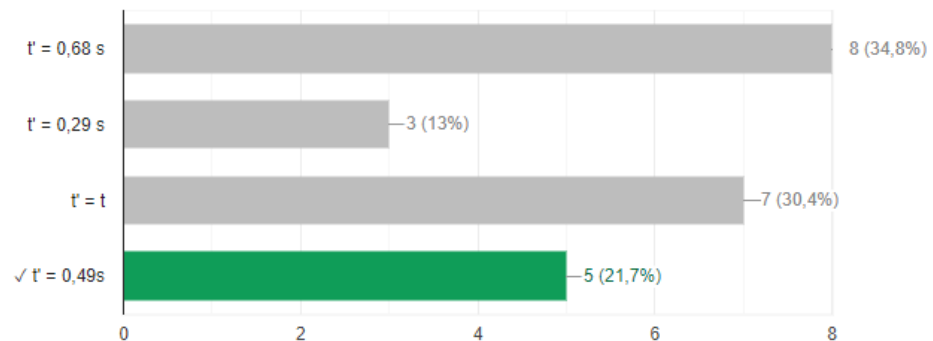
Fonte: Da autora.

Gráfico 5 – Questão com menor quantidade de acertos do material II

Para um vagão de trem onde dentro emite um raio luminoso, em que pode ser visto tanto por um passageiro dentro do vagão, quanto por um observador na estação rodoviária. Observa-se que o vagão viaja com $0,6c$ de velocidade, e que o observador da estação se encontra na posição 300m e observou a emissão do raio luminoso no instante $t = 0,4s$. Qual é o tempo visto pelo passageiro dentro do vagão de trem?

 Copiar

5 / 23 respostas corretas



Fonte: Da autora.

O material II aborda os conceitos dos postulados de Einstein, as diferenças da relatividade de Galileu e Newton para a de Einstein e o fator de Lorentz. Em que por meio dos gráficos apresentados acima, percebe-se que para as definições de conceitos e características de cada postulado e relatividade os discentes obtiveram maior pontuação, enquanto na questão do fator de Lorentz que necessitava de mais formalismos matemáticos, poucos conseguiram acertar. Isso requer uma atenção maior, visto que para cálculos matemáticos os alunos ainda sofrem algum tipo de

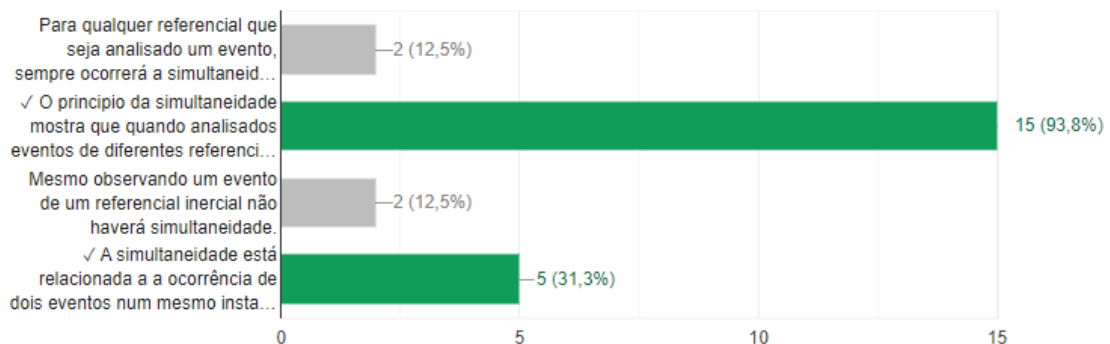
resistência, dificuldades no que envolve as regras e domínios matemáticos, mas para isso, sugere-se uma abordagem diferente a ser tratada em outros trabalhos posteriores. Assim, concluímos da análise desse material que os objetivos do plano de aula foram alcançados. Para o material III, onde o conteúdo foi abordado de maneira simples, curta, visto que trata da simultaneidade, obtivemos um gráfico de acertos maiores, onde nenhum discente zerou os questionários, e todas às cinco questões gerou mais de 50% de acertos, a com maior porcentagem de acerto segue abaixo:

Gráfico 6 – Questão com maior porcentagem de acertos do material III

No material III, observamos que o princípio da simultaneidade é consequência relativa da Teoria de Einstein. Sobre isso afirmamos que:

 Copiar

3 / 16 respostas corretas



Fonte: Da autora.

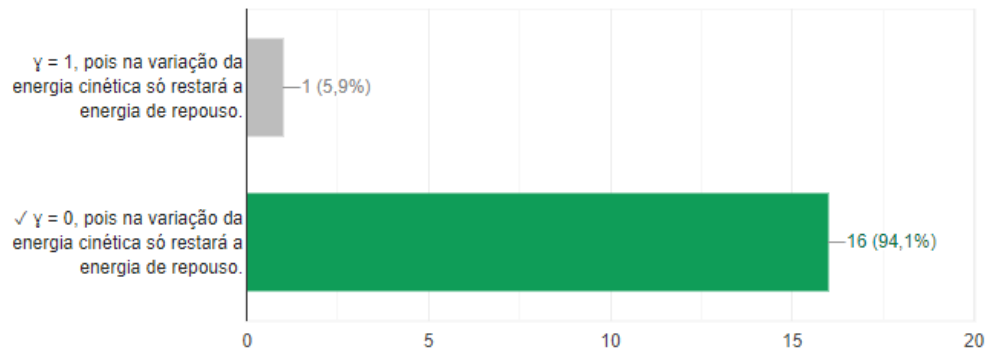
Ainda sobre esse material III, vale ressaltar que não houve questões que necessitassem de habilidades com a matemática, apenas conceitos, as questões não se detinham apenas as questões de múltipla escolha, eram questões com assimilações, relações, associações e subjetivas de curta resposta, o que teve aceitação boa por parte dos discentes.

Para os materiais V e VI, a forma de análise será paralela, visto que esses conceitos tanto por sugestões didáticas, como por relação de conteúdos são abordados juntos, simultaneamente. Dessa maneira, sobre a dilatação do tempo e contração do espaço, podemos concluir:

Gráfico 7 – Questão com porcentagem de maior acerto do material IV

Considerando uma partícula relativística livre, isto é, com velocidade constante. Qual deve ser o fator de Lorentz (γ) para que a energia total E seja igual a energia de repouso? [Copiar](#)

16 / 17 respostas corretas



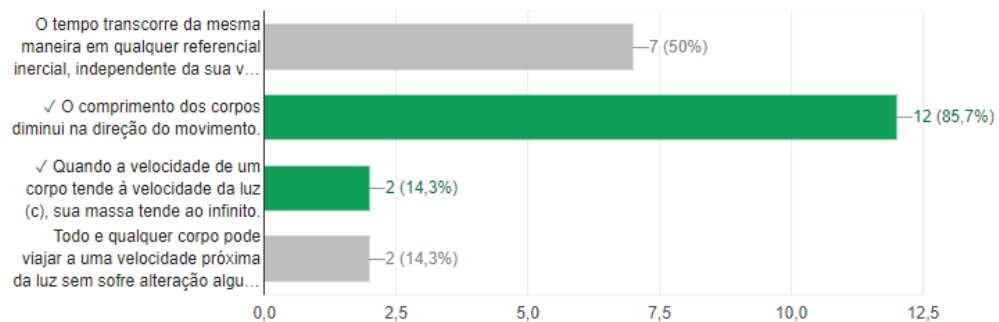
Fonte: Da autora.

Gráfico 8 – Questão com maior porcentagem de acertos do material IV

Considerando as consequências que a Teoria de Albert Einstein trouxe para o movimento, devemos considerar as seguintes afirmações:

[Copiar](#)

0 / 14 respostas corretas



Fonte: Da autora.

A questão do material IV, com maior porcentagem de acertos, refere-se a uma questão de resolução de cálculos matemáticos, por meio desse material é possível evidenciar que nem sempre os problemas matemáticos são ignorados e difíceis por nossos alunos.

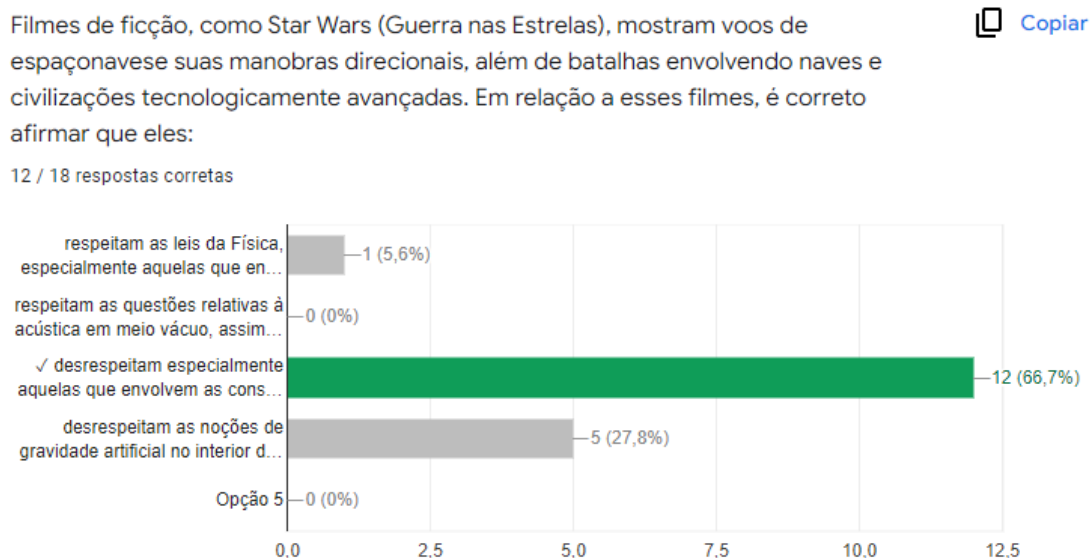
No gráfico posterior, referente ao material V, a questão com maior porcentagem de acerto foi conceitual, mas isso não significa dizer que os exercícios com números

não foram bem sucedidos, visto que na análise desse material os alunos obtiveram mais de 40% dos acertos em todas as questões.

A partir desse material, identifica-se uma constância de acertos e consolidação quanto aos assuntos abordados no material. Há menos dificuldades encontradas ao longo dos materiais, visto que os discentes iam inteirando-se ao longo do conteúdo, e a cada encontro a mediação do docente se torna mais objetiva, nas resoluções de dúvidas e observação do andamento do conteúdo a cada plano de aula.

Assim, não muito diferente o material VI seguiu tanto com resoluções de problemas conceituais como equacionais, e desse modo, o gráfico apresenta desenvolvimentos semelhantes aos dos últimos dois materiais, observando uma maior atenção dos alunos em relação às questões envolvendo situações problemas.

Gráfico 9 - Questão com porcentagem de maior acerto no material VI



Fonte: Da autora.

Seguindo a análise desse material, não é relevante apresentar a porcentagem de questões com menor quantidade de acertos, visto que a questão com maior dificuldade foi de 40%, ainda, sim, um número que pode apresentar um resultado positivos da aplicação desse material na turma escolhida.

Por fim, o material VII, ultimo dessa aplicação da unidade didática de ensino, e não menos importante, apresenta em seus dados de resultado, não muito diferente dos materiais anteriores, resultados com significados bastantes interessantes para o

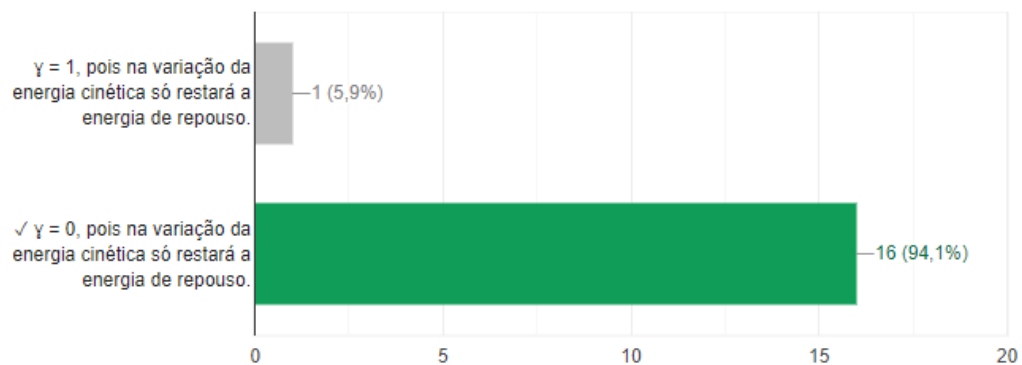
docente de Física, desmistificando que a FM, mais especificamente a TRR, não pode ser adotada nos currículos do 1º ano do ensino Médio, pela dificuldade, falta de laboratórios e recursos didáticos mais qualificados.

Gráfico 10 – Questão com maior acerto do material VII

Considerando uma partícula relativística livre, isto é, com velocidade constante. Qual deve ser o fator de Lorentz (γ) para que a energia total E seja igual a energia de repouso?

 Copiar

16 / 17 respostas corretas



Fonte: Da autora.

Por fim, a aplicação finalizou com o momento em sala de aula, após a resolução do exercício do material VII, comentários, mapa mental, conclusões do estudo sobre os limites da mecânica Newtoniana, após o estudo das leis de Newton e aplicações.

Os resultados foram bastantes significativos, evolutivos e consideráveis para que esse trabalho ganhasse respostas, sendo essas positivas ou não, para apresentar as considerações sobre o currículo de Física no Ensino médio, a importante introdução da FM, para nossos discentes do ensino regular básico.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Física na educação básica, ensino médio, é proposto pelos documentos oficiais da educação brasileira como a disciplina que planeja explicar e compreender fenômenos da natureza. No século XXI o ensino da Teoria da Relatividade Restrita — TRR se torna essencial, por fazer parte da tecnologia moderna, dos avanços tecnológicos que facilitam a vida do ser humano.

A abordagem sobre o assunto da Teoria da Relatividade Restrita encontra-se cada vez mais escasso e reduzido nos currículos da Física para o ensino médio. Há pouquíssimos materiais didáticos ou outras referências para explorar com esse conteúdo, e tão pouco materiais com transposição didática adequada. Junto a essa análise, faz-se a observação da necessidade de suprir a falta de laboratórios para este conteúdo, e em paralelo implementar melhorias de suporte e ferramentas tecnológicas, essenciais na aplicação da metodologia.

Por meio da aplicação desse produto educacional que se visou contribuir no aperfeiçoamento das práticas docentes no ensino de Física, especificamente na abordagem de Física moderna no ensino médio. De modo a minimizar as dificuldades encontradas de incluir essa discussão nas aulas de Física, deixando os estudos mais recentes da mecânica serem ensinados e aprendidos pelos alunos. Enfatizando ainda mais as descobertas mais recentes da ciência, já que é tão importante para as novas evoluções tanto de ciência como de tecnologia.

A abordagem de Física moderna no ensino médio destaca a importância de aplicar estrategicamente metodologias ativas e uso frequente de recursos tecnológicos nas práticas de ensino. Para a garantia e melhoria no ensino e aprendizagem dos alunos, tranquilidade e harmonia ao docente de física desde o seu planejamento até a condução das suas aulas referente ao conteúdo abstrato, diferentemente no que se é encontrado em livros didáticos.

Contudo, essa proposta vem para garantir que os desenhos curriculares estabelecidos nos documentos oficiais do Ministério da Educação sejam devidamente atingidos, podendo ser praticados sem dificuldades, e atendendo aos objetivos pré-definidos pela educação, concebido por competências e habilidades que se propõe para o ensino de física. Por fim, ampliar o estudo dos movimentos dos corpos de maneira sistematizada, facilitadora, reflexiva, instigadora e de fácil compreensão, aproximando assim o aluno dos estudos mais recentes da Física.

8 REFERÊNCIAS

ALBINO, João Pedro; MORGADO, Eduardo Martins; MORAIS, Marcio Jesus de; GALLO JUNIOR, José Antônio. **Design de Interfaces Para Web Baseados no Sistema de Grade Do Bootstrap 3**. Espanha: COPEC, 2015.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: Uma perspectiva cognitiva, Lisboa: Editora Plátano, 2003.

BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aron. **Sala de Aula invertida**: Uma Metodologia Ativa de Aprendizagem. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016.

BOLLELA VR, CESARETTI, Mario Luís Ribeiro. **Sala de Aula Invertida Na Educação Para as Profissões de saúde**: Conceitos Essenciais Para a Prática. v. 14, n. 1. São Paulo, 2017.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio**: Ensino de Física. MEC., 2017.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**: Parte III. MEC., 2012.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **PCN+ -Ensino Médio Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**: Física. MEC. 2012.

MOREIRA, M.A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Edição do autor, 2006.

MOREIRA, M.A.; MASINI, E.A.F. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MORGAN, H; MCLEAN, K; CHAPMAN, C; FITZGERALD, J; YOUSUF, A; HAMMOUD, M. **The flipped classroom for medical students**. *Clin. Teach.*, junho de 2015;12(3):155–60 **27**

OSTERMANN, F.; RICCI, T. S. F. Relatividade restrita no ensino médio: Contração de lorentz-fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v.19, n.2, 2002.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. S. F. Relatividade restrita no ensino médio: Os conceitos de Massa Relativística e de Equivalência da massa-energia em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V.21, n.1, 2004.

SCHNEIDERS, Luís Antônio. **O método da sala de aula invertida (flipped classroom)**... Rio Grande do Sul: Univates, 2018. (Coletânea Cadernos Pedagógicos: Metodologias Ativas de Aprendizagem)

SERWAY, Raymond A.; JUNIOR, John W. Jewett. **Princípios de Física: Mecânica Clássica e Relatividade**. 5º ed. Cengage Learning. São Paulo, 2015. Volume 1.

SILVA, Alanah Garcia da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimaraes. O ensino da Teoria da Relatividade Restrita. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. **[Anais...]**. Santa Catarina: UFSC., 2017.

TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto. **Física Ciências e Tecnologia: Mecânica e Eletromagnetismo**. 3.ed. São Paulo: Moderna, 2013. vol. 1 e 3.

APÊNDICE A– DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL



MANUAL DIDÁTICO DE USO DO MATERIAL INSTRUCIONAL

OS LIMITES DA MECÂNICA NEWTONIANA

Cleciana Gonçalves Pereira Moura Fernandes

Produto Educacional apresentado em Dissertação de Mestrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) no curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

ORIENTADOR:

Prof. DSc. Manoel Leonel de Oliveira Neto

CO-ORIENTADOR:

Prof. DSc. Tibério Magno De Lima Alves

Natal, RN

Julho/2021



MANUAL DIDÁTICO DE USO DO MATERIAL INSTRUCIONAL
OS LIMITES DA MECÂNICA NEWTONIANA

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a sua fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores ou produção própria e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor, contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

Sumário

<u>APRESENTAÇÃO</u>	65
<u>1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA</u>	67
<u>1.1 A Teoria de Ausubel na perspectiva de Moreira:</u>	67
<u>2. SALA DE AULA INVERTIDA (FLIPPED CLASSROOM)</u>	68
<u>2.1 A Metodologia Sala de Aula Invertida</u>	68
<u>3. BOOTSTRAP</u>	69
<u>3.1 Site Google</u>	70
<u>4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA</u>	72
<u>4.1 O material instrucional para o aluno</u>	72
<u>4.2 Material de Estudo</u>	73
<u>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	86
<u>6. REFERÊNCIAS</u>	87

APRESENTAÇÃO

Este material consiste em um manual didático de uso do material instrucional, desenvolvido para os professores de Física, como produto educacional resultante da dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física — MNPEF, dentro do programa de Pós-Graduação do Instituto Federal do Rio Grande do Norte — IFRN, polo 10, campus Natal-Central, intitulada “Os limites da mecânica Newtoniana”, sob a orientação do Prof. DSc. Manoel Leonel de Oliveira Neto e Prof. DSc. Tibério Magno De Lima Alves.

Objetivando a compreensão dos conceitos físicos utilizados na Mecânica, o material foi elaborado como instrumento de apoio direcionado ao ensino dos movimentos de corpos, conforme as Leis de Newton e suas limitações as altas velocidades, estudado pelos alunos do 1º ano do Ensino Médio.

Desse modo, o produto educacional consiste em uma sequência didática direcionada a abordagem dos limites da Mecânica Newtoniana inerentes ao estudo dos movimentos, compreendendo sua aplicação da metodologia ativa, no uso de recursos tecnológicos, integrados em uma sequência didática, a proporcionar uma aprendizagem significativa. Segundo Moreira (2006), é na Aprendizagem significativa de Ausubel, no processo de aprendizagem cognitiva, que o discente consegue significar as origens do mundo inserido, através da nova informação, relacionando-a com algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo.

Diante do contexto, o produto deste trabalho cogita contribuir com as aulas no ensino de Física, especificamente em turmas do 1º ano do ensino médio, envolvidas no estudo da mecânica, tendo em si, as relações entre as três leis de Newton em paralelo com a teoria da Relatividade Restrita destacadas por Albert Einstein, que tem como propósito de favorecer o estudo da Física Moderna no ensino médio facilitadoramente e compreensiva, bem como, alcançando maior integração dos alunos aos estudos mais recentes da Física. Essa proximidade do aluno com o objeto de estudo, tornará o aprendizado significativo numa proporção tanto em relação à construção conceitual quanto dos formalismos matemáticos exigidos pelo conteúdo.

O conteúdo deste trabalho pretende, sintetizar a importância de incluir as novas metodologias ativas, em destaque, a sala de aula invertida e o uso de material digital nas práticas de ensino, objetivando a melhoria no ensino e aprendizagem dos alunos.

Como também, garantir que as propostas curriculares ofertadas pelos documentos oficiais do Ministério da Educação sejam alcançadas, sem dificuldades de execução em relação aos objetivos estabelecidos, e assim atingir as habilidades e competências necessárias no ensino de física.

Por fim, este manual de instrução amplia o estudo dos movimentos dos corpos de maneira sistematizada, facilitadora, reflexiva, instigadora e de fácil compreensão, aproximando assim o aluno dos estudos mais recentes da Física. Nesse sentido serão apresentados nos tópicos seguintes as sequências didáticas adotadas para uma melhor prática de ensino e aprendizagem significativa por meio da metodologia da sala de aula invertida. E assim, garantir aos professores do Ensino de Física, orientações favoráveis para aplicação desse conteúdo em suas turmas de ensino médio.

1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA

1.1 A Teoria de Ausubel na perspectiva de Moreira:

A teoria da aprendizagem significativa está associada a interação cognitiva que o aluno adquire ao assimilar um conteúdo com conceitos já consolidados com um novo conceito em que está associado de certa forma com o anterior. Segundo Moreira (2006), o discente precisa ter conhecimentos prévios, chamados este de subsunções, os quais deverão estar associados ao novo significado do novo conceito a ser introduzido.

Para que essa ponte entre o ensino e aprendizagem seja de grande significado, é de extrema importância que o professor, como mediador, use o material didático educacional de maneira que auxilie com a modificação do conteúdo que se quer abordar. Portanto, uma das condições primordiais para potencializar a aprendizagem significativa do aluno, é usar dos recursos que um material educacional potencializador pode oferecer ao aluno (Ausubel, 2003).

Ainda nessa mesma perspectiva, para compreender como funciona a teoria de Ausubel, o professor deixa de ser o centro e dono do único saber e é o principal mediador entre o conhecimento e o aluno, pois é o professor quem muito possui o domínio dos conceitos a serem estudados pelo aluno.

De mesma maneira, o aluno deixa de ser só um depósito que absorve tudo que o professor fala, e é o principal ser nesse momento, o aluno deixa de apenas ouvir e faz associações de seus conhecimentos prévios com o novo significado que aprende, até chegar em uma modificação de conceitos (Moreira, 2006)

O processo pelo qual o professor deve entender para haver uma aprendizagem significativa, é de início observar se os conhecimentos prévios do aluno estão bem consolidados, analisar se o mesmo consegue analisar os processos vividos por meio do seu conteúdo prévio, e mesmo que o discente não demonstre ter muito domínio, é imprescindível considerar que existirá sempre um conhecimento a ser considerado, (Moreira, 2002).

Segundo Moreira (1982), a teoria de Ausubel afirma que só há aprendizagem quando o aluno faz relações do que já aprende com a nova ideia apresentada. Nessa dinâmica deve haver uma organização e integração de informações na estrutura

cognitiva do aprendiz. No processo de aprendizagem cognitiva, o discente consegue significar as origens do mundo inserido, através da nova informação, relacionando-a com algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo.

Os avanços no processo de aprendizagem são perceptíveis quando há uma reflexão sobre o conteúdo já armazenado e com o que está sendo introduzido. Portanto, o objetivo principal de incluir a TRR (Teoria da Relatividade Restrita) no ensino médio deve estar centrado em instigar a reflexão sobre novas ideias sobre movimento, tempo e espaço, como também ensinar modelos que diferenciam a física clássica da física moderna.

Dessa forma, com essa abordagem, é feita uma correlação com que os alunos já tinham aprendido, conforme sugere o PCN do ensino médio e também de acordo com Moreira (2006), busca-se uma aprendizagem significativa usando conceito da TRR centrados em:

- Assimilar o conhecimento prévio de espaço e tempo com o proposto por Einstein;
- substituição das transformações de Galileu pelas de Lorentz;
- Integrar as ideias de Albert Einstein sobre tempo e espaço com as de Newton.

Por fim, é com base nessa teoria de ensino que estão argumentadas o uso do material digital com todo o conteúdo instrucional a ser explorado pelo aluno dentro e fora da sala de aula nesse produto educacional.

2. SALA DE AULA INVERTIDA (FLIPPED CLASSROOM)

2.1 A Metodologia Sala de Aula Invertida

A aprendizagem precisa ser consolidada na mente do aluno, para isso as diversas formas de como o professor conduz a sua aula, como administra seus recursos didáticos, e até mesmo prepara um bom material para as suas aulas, está de maneira significativa, contribuindo para uma aprendizagem significativa de seus alunos. (Moran, 2015)

A necessidade da presença do professor próximo do aluno é em um momento onde esses carecem de dúvidas, é justamente, quando estão diante de um problema a ser resolvido, e não sabem quais estratégias melhor os resolve. A situação é que, em uma educação no método tradicional, o professor nunca está presente nesse

momento; é em dever de casa, tentando fazer uma lista de exercício, afirma Bergmann (2016).

Desse modo, surge a sala de aula invertida, onde a explicação teórica, a leitura de um material, um vídeo explicativo do conteúdo, pode ser visualizado pelo aluno em um tempo mais proveitoso em casa, em um transporte, ou até mesmo entre o intervalo de uma aula e outra. E a presença fundamental do professor fica por conta daqueles tempos curtos dados como horários de aula em sala para ajudar os alunos a compreender o que não ficou consolidado, o que ainda não sabem resolver. (Bergmann, 2016)

Nessa metodologia, o professor deixa de ser o centro, passa ser apenas mediador, e os alunos são protagonistas. Como diversificar a aula estimula deixar que o interesse seja apresentado por parte do discente, e usar de materiais didáticos estratégicos, principalmente de materiais digitais, como páginas de sites, livros digitais, vídeos, animações. F fazem com que o conteúdo seja mais explorado pelo aluno, deixa-o mais conectado com o aprendizado, mesmo que esteja fora da sala de aula. (Bollela, 2017)

Portanto, esse produto busca, junto de uma aprendizagem significativa, uma forma mais interativa de ensino que ajude o aluno a entender os problemas mais abstratos dos movimentos acelerados, trazidos pela Teoria da Relatividade Restrita apresentada por Albert Einstein. O aluno vai em busca da explicação teórica, estando à distância da presença do professor, e resolve os problemas associados ao conteúdo na presença do professor. Essa metodologia conduz a estratégias que podem tornar o aluno mais curioso, investigador e mais envolvido no conteúdo abordado, devido ter que se apropriar através dos materiais desenvolvidos pelo professor, para junto do mesmo conseguir resolver os problemas e exercícios e cessar dúvidas relacionadas.

Como essa metodologia está associada também a uso de recursos tecnológicos quando relacionada ao material didático que o professor elabora, esse produto educacional irá dispor de um material totalmente gratuito para os alunos, de fácil acesso em seus dispositivos eletrônicos. Facilitando ainda mais para consolidar o ensino e aprendizagem desse conteúdo abordado.

3. BOOTSTRAP

3.1 Site Google

A necessidade do conteúdo que esse produto educacional aborda de utilizar recursos digitais, principalmente apropriar-se de um material totalmente digital, parte da insuficiência que esse tema tem de abordagem nos livros didáticos, inclui a falta de material didático próprio para esse conteúdo ser abordado no currículo dos livros didáticos como apresenta Ostemman (2002).

A maioria dos livros didáticos não oferece leituras para desenvolver uma abordagem da TRR por meio do estudo dos movimentos. Apenas alguns destes dispõe de um simples e breve relato por meio do eletromagnetismo, mas não fazem relação com as Leis da Física Clássica. Pesquisas sobre os conteúdos de livros didáticos de Física indicam que os seus textos não desenvolvem um melhor entendimento principalmente da TRR, porque não trazem uma distinção aprofundada entre a Física Clássica e Moderna (OSTERMANN, 2002).

Por meio dessa falta de material, como propõe a metodologia adotada nesse produto educacional, o material digital elaborado com o intuito de favorecer o ensino e a aprendizagem significativa do estudo da Teoria da Relatividade Restrita com apresentação dos limites da mecânica Newtoniana no estudo do movimento dos corpos.

O material didático, onde é composto por uma sequência didática, o qual compõe, por fim, um material instrucional para o aluno, dispõem dentro de um Bootstrap. Esse é um recurso tecnológico, com a intenção de facilitar a programação em diversas linguagens de programação. O mesmo dispõe de ferramentas responsivas, que ajudam a promover a interação rápida do usuário e facilidade em programação, para muitos que não são familiarizados nesse ramo tecnológico. (Albino, 2015)

Dentro dessa programação responsiva, tem-se o site Google, plataforma criada para usuários do mesmo, onde qualquer pessoa com um Gmail, consegue ter acesso a essa ferramenta, mesmo de uma conta básica. O site Google é uma ferramenta disponibilizada pela Google, onde seus usuários podem criar páginas básicas de internet, seja para divulgação de produtos, empresas, criação de portfólios e até mesmo para uso educacional, como é o caso desse produto educacional. (Júnior e Coutinho, 2009).

Essa plataforma de Bootstrap tem o objetivo de tornar mais popular as diferentes linguagens de programação, facilitando ainda mais para quem não tem familiaridade com os códigos em *HTML*. O site Google dispõe de layouts prontos, manuseios de botões, inserções de links, vídeos de outras páginas de internet, criação de um endereço único da página criada. O acesso é totalmente grátis, assim como todas as suas ferramentas internas.

Este produto educacional, foi criado dentro dessa plataforma, onde as páginas do site ficaram divididas por conteúdo do material. Cada material possui seu conteúdo de leituras de textos e imagens, além de vídeos interativos do *Youtube*, onde poderão ser explorados por aula pelos alunos. Já os exercícios ficaram dentro, também, da página da internet, onde esses ficarão para o segundo momento da aula, conforme propõe a metodologia adotada. Porém, foi elaborada dentro de outra ferramenta do Google, o *Google forms*.

Outra plataforma usada nesse produto educacional foi o *Google forms* sendo essa para a criação dos exercícios, também é gratuita, de fácil acesso e manuseio. Os exercícios são realizados pelo aluno e as respostas são enviadas para o Gmail e drive do professor, além dos resultados, serem enviados de imediato para o aluno, e assim também, sendo possível a criação de um gráfico que aponta para o professor o nível de erros e acertos nas resoluções dos exercícios.

Por fim, compreendeu-se nesse produto o uso de ferramentas digitais e gratuitas, que auxiliem o professor a aplicar em suas aulas, sem muitas dificuldades. Considerando ainda que esse material digital facilita na hora da abordagem do conteúdo, por adequar-se a uma metodologia de sala de aula invertida, além de poder ser explorada dentro de uma sala de aula ou fora da sala de aula, conforme a mediação do professor nesse momento com seus alunos.

4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

4.1 O material instrucional para o aluno

Esse material instrucional foi desenvolvido a partir das dificuldades de abordagem do conteúdo a ser explorado (Os limites da Mecânica Básica e a Teoria da Relatividade Restrita). Desse modo, o material foi dividido em sete momentos de aula interacional com o material digital, onde cada momento é explorado uma página da internet com uma parte do conteúdo a ser abordado.

O material digital poderá ser acessado pelo aluno por dispositivos eletrônicos, podendo ser smartphones, tablets ou computadores, essa página da internet se configura para todos esses formatos de tela. Cada parte do conteúdo a ser explorado pelo aluno no site possui de início uma revisão conceitual do seu conteúdo prévio envolvido para a introdução da nova abordagem.

O material foi desenvolvido para turmas do 1º ano do ensino médio, onde o estudo dessa abordagem dos limites da mecânica Newtoniana deve ser introduzido após os estudos das leis de Newton. Como propõe a teoria de ensino adotada para esse produto educacional, esses conceitos da Mecânica Newtoniana devem estar bem consolidados, para quando conceituar o novo conteúdo haja uma aprendizagem significativa, e os objetivos desse material serem alcançados.

A aplicação desse material tem uma previsão de sete encontros com o aluno, dividido em dois momentos: O aluno fora da sala de aula, com apropriação apenas da leitura e visualização desse material, em horários contra turnos aos das aulas previstas, e em um segundo momento que será as resoluções dos exercícios postos no material, no botão exercite, para ser realizado com o auxílio do professor, no horário de aula, onde o professor realiza comentários e resolução de dúvidas que surgiram quando o aluno se apropriou do material.

Visando uma abordagem sucinta desse conteúdo, sem muitos formalismos matemáticos, sem uma abordagem mais detalhada por meio do eletromagnetismo como é realizado por alguns livros, visto que esse conteúdo muito está interligado nesse campo da Física. O objetivo desse material é explorar as diversas formas de movimentos acelerados existentes no mundo macro e microscópicos, que as Leis de Newton não explicam, além de aproximar os alunos da Física mais atual, descoberta recentemente, e garantir que a Física mecânica e clássica sejam compreendidas no

ensino básico, como propõe os documentos oficiais do Ministério da Educação brasileira (Parâmetros Curriculares Nacionais + — PCN 2017 e Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio — BNCC 2018)

4.2 Material de Estudo

O material de Estudo está todo disponibilizado no site do link: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/in%C3%ADcio?authuser=0>. O mesmo é dividido por páginas, onde cada página será dividida por aula. O aluno irá acessar as páginas por ordem de botões, conforme mostrado na Figura abaixo.



Figura 1 - Layout inicial da página do site vista no formato para uma tela de tablete

O primeiro botão é de apresentação da página. O segundo acesso já redireciona para a página sobre o contexto histórico, abaixo desse, o aluno terá acesso as todas referências bibliográficas que foram utilizadas para a construção conceitual do material.



Figura 2 - Layout do site, apresentando a barra que contém os materiais de estudo

Em seguida, no botão mais, o aluno tem todos os outros tópicos do material de estudo dividido por partes:

- ✓ Capítulo I: Referencial
- ✓ Capítulo II: Postulados de Einstein
- ✓ Capítulo III: Simultaneidade
- ✓ Capítulo IV: Dilatação do Tempo
- ✓ Capítulo V: Contração do Espaço
- ✓ Capítulo VI: Momento Linear Relativístico
- ✓ Capítulo VII: Energia Relativística

O primeiro momento com os alunos, será a apresentação do material ao do aluno sobre o conceito que será estudo adiante nas próximas aulas. Será disponibilizado em horário de aula um link, onde os alunos irão em casa acessar esse material e tomar conhecimento. Visto que se trata de um material com layouts simples, e intuitivos de fácil manuseio para o aluno, não serão necessárias instruções para manuseio.

Será disponibilizado em horário de aula um link, onde os alunos irão em casa acessar esse material e tomar conhecimento. Visto que se trata de um material com

layouts simples, e intuitivos de fácil manuseio para o aluno, não serão necessárias instruções para manuseio.

Nesse momento o aluno irá acessar apenas a página de contexto histórico, apresentação da página e referenciais. Em seguida, o aluno irá introduzir o estudo do primeiro material:

4.2.1 Material I: “REFERENCIAL”

TEMA: “REFERENCIAL”

Objetivo geral:

- Relacionar o conceito de referencial inercial com as aplicações do dia a dia;
- Compreender o conceito de Referencial não inercial.

Conteúdos Formativos:

1. Conceituais:

- Referencial inercial e não inercial;
- Ponto Material e Corpo extenso;

2. Procedimentais:

- Definir o conceito de referencial;
- Diferenciar o referencial inercial e não inercial;
- Associar o conceito de ponto material e corpo extenso com aplicações no cotidiano.

3. Atitudinais:

- Incentivar a leitura e autonomia no processo do estudo fora do horário de aula através dos recursos disponibilizados para o estudo fora da sala de aula;
- Valorizar a importância do conhecimento físico para a vida cotidiana com este conceito;
- Estimular a reflexão do conceito físico estudado;

Sequência de ensino e aprendizagem:

- Problematização:

“Séculos depois das três Leis de Newton serem consolidadas e aceitas na sociedade científica, com anos de aplicações no cotidiano e sendo validadas em relação ao

movimento, Albert Einstein afirma ter uma teoria que comprove que as Leis de Newton são válidas apenas para baixas velocidades, quando comparadas a da luz.”

- O primeiro momento: será realizado em um momento contra turno, fora da sala de aula. A partir da problematização que será introduzida na leitura do contexto histórico, na barra inicial, o aluno entrará em conflito, ao saber que as leis de Newton não resolvem todos os problemas que envolve os movimentos dos corpos. Em seguida o mesmo passará para a barra mais e explorará a parte I do material de estudo.
- No segundo momento: será então conceituado com o aluno, através da resolução de exercício em sala de aula com orientação do professor, sobre referencial inercial e não inercia. O aluno irá associar então que as leis de Newton são válidas apenas para velocidades baixas comparadas com a da luz. Essa associação e definição ficará mais clara com a sugestão de vídeo que é inclusa nessa parte do material.

Avaliação

A avaliação do aluno se dará no segundo com a presença do professor próximo dos alunos, em horário de aula resolvendo os exercícios desse material de estudo, parte I. Considerando a avaliação em um processo contínuo de construções de saberes ao longo do processo desenvolvido em sala de aula.

Recursos Didáticos

Link material: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/material-de-estudo/referencial?authuser=0>

Vídeo do Youtube: <https://youtu.be/yBfR2Xq-yGM>

Exercício Google Forms: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/exerc%C3%ADcios/exerc%C3%ADcio-refer%C3%AAncial?authuser=0>

4.2.2 Material II: “POSTULADOS DE EINSTEIN”

No segundo momento, será iniciado os estudos sobre os conhecimentos dos postulados da Teoria da Relatividade Restrita de Albert Einstein. Nesse segundo momento os alunos explorarão a diferença da relatividade que existe entre a teoria de Galileu Galilei junto das Leis de Newton, e a nova Física moderna apresentada por Einstein:

TEMA: “POSTULADOS DE EINSTEIN”

Objetivo geral:

- Compreender o que afirma cada postulado;
- Relacionar com o conceito de referencial inercial.

Conteúdos de Formativos:

1. Conceituais:

- Sistema de coordenadas para o Referencial inercial e não inercial;
- Velocidade da Luz;
- Transformadas de Galileu Galilei
- Fator de Lorentz;
- Transformadas para o referencial não inercial.

2. Procedimentais:

- Definir os postulados de Albert Einstein;
- Diferenciar o sistema de coordenadas para o referencial inercial e não inercial
- Relacionar as transformadas de Galileu e Isaac Newton com corpos em baixa velocidades, comparadas com a da luz no referencial Inercial.
- Associar as transformadas de Galileu-Galilei com o sistema de coordenadas para altas velocidades comparadas a c .

3. Atitudinais:

- Participação e troca de experiência;
- Compartilhamento do conhecimento físico aplicados no dia-a-dia;
- Protagonismo do seu aprendizado;
- Associação das atividades realizadas em ambientes internos e externos da sala de aula;

- Comunicação e clareza para as boas práticas do relacionamento interpessoal.

Sequência de ensino e aprendizagem:

A aula será iniciada em casa, onde será passado a página criada para o estudo do conteúdo da disciplina, e onde os alunos estudarão em casa ou em qualquer outro ambiente adequado. Vários materiais como vídeos, imagens e gifs estarão na página para que apresentem os tipos de movimentos de acordo com as transformadas das relatividades apresentadas no texto da página.

Após a aula em casa ou em outro ambiente que o aluno tenha estudado, será realizada uma atividade em sala de aula com o auxílio do professor, pelo google forms com link de acesso dentro da página do site, em que os alunos poderão fazer e corrigir a atividade em sala de aula com um pequeno resumo do conteúdo que será construído em sala de aula com o professor.

Avaliação

A avaliação do aluno se dará no segundo em um momento síncrono com alunos, no horário de aula resolvendo os exercícios desse material de estudo, parte II. Considerando a avaliação em um processo contínuo de construções de saberes ao longo do processo desenvolvido em sala de aula.

Recursos Didáticos

Link material: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/material-de-estudo/postulados-de-einstein?authuser=0>

Vídeo do Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=ccRJ6EIMf50>

Exercício Google Forms: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/exerc%C3%ADcios/exerc%C3%ADcio-postulados-de-einstein?authuser=0>

4.2.3 Material III: “SIMULTANEIDADE”

Em um terceiro momento sugerido para a aplicação desse produto está disponível uma subpágina contendo a parte III do conteúdo a ser estudado pelo aluno. Sobre a simultaneidade que Albert Einstein apresentou na teoria da Relatividade restrita. Desse modo, sugere-se da seguinte forma:

TEMA: SIMULTANEIDADE

Objetivo geral:

Compreender a ocorrência de eventos em tempos diferentes, quando em velocidades altas em relação a Luz no referencial inercial.

Conteúdos Formativos:

1. Conceituais:

- Eventos não simultâneos e simultâneos em relação ao tempo;
- Tempo e espaço não absolutos em velocidades muito altas;
- Transformações do fator de Lorentz para corpos em referenciais não inerciais.

2. Procedimentais:

- Definir o que são eventos simultâneos;
- Associar a 1ª lei de Newton com o tempo e espaço absolutos em referencial inercial.
- Relacionar as leis da mecânica básica apenas em referencial inercial
- Compreender os eventos simultâneos quando aplicadas a TRR.

3. Atitudinais:

- Associar esse conteúdo com as vivências cotidianas;
- Incentivar autonomia do aluno na leitura e compreensão do material;
- Ter entusiasmo e curiosidade na exploração do material sugerido pelo professor;
- Relacionar o estudo realizado em um ambiente fora da sala de aula com a resolução de atividade em sala de aula.

Sequência de ensino e Aprendizagem:

A aula se inicia no tempo e horário determinado pelo aluno no ambiente fora da escola, sem a presença do professor para determinar os procedimentos de estudo. Nesse momento, o aluno terá o material acessado em seu dispositivo eletrônico para guiar nos seus estudos. Em seguida o aluno explorará a subpágina do site criado, sobre a parte III: Simultaneidade e seguirá a ordem da página.

No segundo momento com o auxílio do professor, o aluno acessará a subpágina e clicará em “exercite”, nessa estará a atividade criada no google forms em que o aluno poderá resolve-la com orientação do professor. A aula desse terceiro momento finalizará com a conclusão da atividade e desfecho do conteúdo abordado.

Avaliação:

Considerando a avaliação em um processo contínuo de construções de saberes ao longo do processo desenvolvido nos dois momentos da aula.

Recursos Didáticos:

Link material: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/material-de-estudo/simultaneidade?authuser=0>

Vídeo do Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=hYm0A6QnSV8>

Exercício Google Forms: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/exerc%C3%ADcios/exerc%C3%ADcio-simultaneidade?authuser=0>

4.2.4 Material IV: “DILATAÇÃO DO TEMPO” e “CONTRAÇÃO DO ESPAÇO”

Já no quarto e quinto material, serão apresentadas as consequências da Teoria da Relatividade restrita. Portanto fica a critério do professor analisar se esses materiais serão divididos em um único ou dois encontros. Também dependerá do nível de acompanhamento da turma na evolução do conteúdo. Porém nessa descrição a sugestão estará contida em um único encontro apresentando as subpáginas do site: Capítulo IV e V do estudo do material:

Tema₁: “Dilatação do tempo”

Tema₂: “Contração do espaço”

Objetivos gerais:

- Associar o movimento de corpos com velocidades relativísticas observados de referencial distinto do evento.
- Compreender o espaço e tempo não absolutos em movimentos de corpos acelerados;
- Diferenciar dos movimentos que ocorrem e acontecem em referenciais distintos.

Conteúdos Formativos:

1. Conceituais:

- Tempo e espaço não absolutos em velocidades muito altas;
- Paradoxo dos gêmeos;
- Paradoxo da vara e do celeiro.

2. Procedimentais:

- Relacionar os movimentos acelerados com os eventos simultâneos;
- Analisar os movimentos observados de diferentes referenciais;
- Compreender as consequências da Teoria da Relatividade Restrita quando em diferentes referenciais.
- Associar os paradoxos com as consequências da relatividade Restrita.

3. Atitudinais:

- Associar esse conteúdo com as novas tecnologias e movimentos no universo;
- Incentivar autonomia do aluno na leitura e compreensão do material;
- Ter entusiasmo e curiosidade na exploração do material sugerido pelo professor;
- Relacionar o estudo realizado em um ambiente fora da sala de aula com a resolução de atividade em sala de aula.

Avaliação:

A avaliação do aluno se dará no segundo em um momento síncrono com alunos, no horário de aula resolvendo os exercícios desse material de estudo, parte IV e V. Considerando a avaliação em um processo contínuo de construções de saberes ao longo do processo desenvolvido em sala de aula.

Recursos Didáticos:

Links material: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/material-de-estudo/dilata%C3%A7%C3%A3o-do-tempo>

<https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/material-de-estudo/contra%C3%A7%C3%A3o-do-esp%C3%A7o?authuser=0>

Vídeos do Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=H00-R23prA>

Exercícios Google Forms: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/exerc%C3%ADcios/exerc%C3%ADcio-dilata%C3%A7%C3%A3o-do-tempo?authuser=0>

<https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/exerc%C3%ADcios/exerc%C3%ADcio-contra%C3%A7%C3%A3o-do-esp%C3%A7o?authuser=0>

4.2.5 Material V: “MOMENTO LINEAR RELATIVÍSTICO”

Para o penúltimo momento da aplicação desse produto, o aluno irá relembrar e introduzir um novo conceito sobre momento linear. Tendo em vista, que o estudo da mecânica no 1º ano do ensino médio aborda desde os conceitos do que é movimento até sobre as características de um movimento de um corpo, então o aluno terá a compreensão desse conhecimento para diferentes tipos de referencial assim como propôs o estudo de Albert Einstein sobre a relatividade.

Tema: “Momento Linear Relativístico”**Objetivo geral:**

- Relembrar os conceitos e aplicação de momento linear para os movimentos de corpos em referenciais inerciais distintos.

- Conceituar o momento linear relativístico.

Conteúdos Formativos:

1. Conceituais:

- Momento linear

2. Procedimentais:

- Aplicar o momento linear para situações em movimentos de corpos no referencial inercial;
- Compreender o momento linear em referencial não inercial.
Conceituar o momento linear relativístico.

3. Atitudinais:

- Associar esse conteúdo com as vivências cotidianas;
- Incentivar autonomia do aluno na leitura e compreensão do material;
- Ter entusiasmo e curiosidade na exploração do material sugerido pelo professor;
- Relacionar o estudo em um ambiente fora da sala de aula com a resolução de atividade em sala de aula.

Avaliação:

A avaliação do aluno se dará no segundo em um momento síncrono com alunos, no horário de aula resolvendo os exercícios desse material de estudo, parte VI. Considerando a avaliação em um processo contínuo de construções de saberes ao longo do processo desenvolvido em sala de aula.

Recursos Didáticos:

Links material: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/material-de-estudo/momento-linear-relativ%C3%ADstico?authuser=0>

Exercícios Google Forms: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/exerc%C3%ADcios/exerc%C3%ADcio-momento-linear-relatividade?authuser=0>

Encerrando a aplicação desse produto, com o último momento e conclusão da introdução da física moderna no 1º ano do ensino médio. Será sugerido o estudo da última subpágina do site. A introdução do estudo da energia relativística associada com a energia cinética dos corpos quando em movimento, porém agora analisadas em diferentes referenciais e considerando as consequências da teoria da relatividade restrita para corpos em altas velocidades.

4.2.6 Material VI: “ENERGIA RELATIVÍSTICA”

Tema: “ENERGIA RELATIVÍSTICA”

Objetivo geral:

- Associar a energia cinética de um corpo em movimento uniformemente variado com corpos em diferentes referenciais
- Aplicação da transformada de Albert Einstein para a energia cinética de corpos em repouso e em altas velocidades e em referencial não inercial.

Conteúdos Formativos:

1. Conceituais:

- Energia Relativística de corpos em Referencial Não Inercial

2. Procedimentais:

- Analisar a energia cinética dos corpos para situações no referencial inercial e não inercial;
- Compreender a transformada de Einstein para a energia relativística.
- Conceituar a energia relativística descrita por Einstein.

3. Atitudinais:

- Associar esse conteúdo com as aplicações do dia-a-dia;
- Incentivar autonomia do aluno na leitura e compreensão do material;
- Ter entusiasmo e curiosidade na exploração do material sugerido pelo professor;

- Relacionar o estudo realizado em um ambiente fora da sala de aula com a resolução de atividade em sala de aula.

Avaliação:

Aplicar-se-á avaliação contínua, na condição de acompanhar a evolução dos conhecimentos adquiridos ao longo do processo desenvolvido nas duas formas de ensino, sala de aula e ambiente externo, e na construção de todas as unidades didáticas anteriores.

Recursos Didáticos:

Links material: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/material-de-estudo/energia-relativ%C3%ADstica?authuser=0>

Exercícios Google Forms: <https://sites.google.com/view/da-fsica-bsica-a-moderna/exerc%C3%ADcios/exerc%C3%ADcio-energia-relativ%C3%ADstica?authuser=0>

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É por meio da aplicação desse produto educacional que se busca contribuir para o aperfeiçoamento das práticas docente no ensino de Física, especificamente na abordagem de Física moderna no ensino médio, de modo a minimizar as dificuldades encontradas de incluir essa discussão nas aulas de Física, deixando os estudos mais recentes da mecânica serem ensinados e aprendidos pelos alunos.

Enfatizando ainda mais as descobertas mais recentes da ciência que é tão importante para as novas evoluções tanto de ciência como de tecnologia.

Além de destacar a importância de incluir as novas metodologias ativa e o uso de recursos tecnológicos nas práticas de ensino, garantindo a melhoria no ensino e aprendizagem dos alunos. Como também, um conforto melhor ao docente de física na aplicação de aulas com conteúdo abstrato e distinto da exploração dos livros didáticos.

Assim como também, garantir que as propostas curriculares ofertadas pelos documentos oficiais do Ministério da Educação sejam alcançadas, sem dificuldades de execução em relação aos objetivos estabelecidos, e assim atingir as habilidades e competências necessárias no ensino de física. Por fim, ampliar o estudo dos movimentos dos corpos de maneira sistematizada, facilitadora, reflexiva, instigadora e de fácil compreensão, aproximando assim o aluno dos estudos mais recentes da Física.

REFERÊNCIAS

- [1] ALBINO, João Pedro; MORGADO, Eduardo Martins; MORAIS, Marcio Jesus de; JUNIOR, José Antônio Gallo. **Design de Interfaces Para Web Baseados no Sistema de Grade Do Bootstrap 3**. COPEC. Espanha, 2015.
- [2] AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**, Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- [3] BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aron. **Sala de Aula invertida: Uma Metodologia Ativa de Aprendizagem**. Grupo GEN. Rio de Janeiro, 2016.
- [4] BOLLELA VR, CESARETTI, Mario Luís Ribeiro. **Sala de Aula Invertida Na Educação Para as Profissões de saúde: Conceitos Essenciais Para a Prática**. v. 14, n. 1. São Paulo, 2017.
- [5] DARROZ, L. M.; ROSA, C.W. da; GHIGGI, C. M., **Método tradicional x aprendizagem significativa: investigação na ação dos professores de física**. Aprendizagem Significativa em Revista, Porto Alegre. V.5, n.1, 2015.
- [6] KAZUHITO, Yamamoto, FUKU, Luiz Felipe. **Física para o ensino médio**. São Paulo: Saraiva, 2011. vol.1 e 3.
- [7] MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física. v.1**. Scipione. São Paulo, p. 171-175, 2006.
- [8] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio: Parte III**. MEC., 2012.

- [9] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **PCN+ -Ensino Médio Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Física.** MEC. 2012.
- [10] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio: Ensino de Física.** MEC., 2017.
- [11] Moreira, M.A. e Masini, E.A.F. (1982). **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Editora Moraes.
- [12] Moreira, M.A. (2006) **Mapas conceituais e diagramas V.** Porto Alegre: Ed. do Autor.
- [13] MORGAN, H; MCLEAN, K; CHAPMAN, C; FITZGERALD, J; YOUSUF, A; HAMMOUD, M. **The flipped classroom for medical students.** Clin. Teach., junho de 2015;12(3):155–60
- [14] NETO, João Barcelos. **Mecânica Newtoniana, Lagrangiana e Hamiltoniana.** 1a ed. Livraria da Física. São Paulo, 2004.
- [15] OSTERMANN, F.; Ricci, T. S. F. **Relatividade restrita no ensino médio: Contração de lorentz-fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física. V.19, n.2, 2002.
- [16] SERWAY, Raymond A.; JUNIOR, John W. Jewett. **Princípios de Física: Mecânica Clássica e Relatividade volume 1.** 5o ed. Cengage Learning. São Paulo, 2015.