



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA**  
**CURSO DE FÍSICA - LICENCIATURA**

**ÊNIO QUEIROZ DE ARAÚJO**

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO APRENDIZADO DAS TEORIAS DA  
RELATIVIDADE: Um estudo de caso em escola pública de Bonito de Santa Fé - PB**

**CAJAZEIRAS - PB**

**2023**

**ÊNIO QUEIROZ DE ARAÚJO**

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO APRENDIZADO DAS TEORIAS DA  
RELATIVIDADE: Um estudo de caso em escola pública de Bonito de Santa Fé - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física - Licenciatura, da Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza (UACEN) do Centro de Formação de Professores (CFP), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Cajazeiras - PB, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo

**CAJAZEIRAS - PB**

**2023**

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

A659e Araújo, Ênio Queiroz de.  
Ensino por investigação no aprendizado das teorias da relatividade:  
um estudo de caso em escola pública de Bonito de Santa Fé – PB / Ênio  
Queiroz da Araújo, Cajazeiras, 2023.  
208 f.  
Bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo.  
Monografia (Licenciatura em Física) UFCG/CFP, 2023.

1. Ensino de física. 2. Física - ensino por investigação. 3. Prática  
pedagógica. 4. Professor de física - prática pedagógica. 5. Estudantes de  
física. 6. Escola pública- Bonito de Santa Fé - Município - Paraíba.  
7. Estudo de caso - ensino por investigação. 8. Teoria da relatividade.  
I. Figueiredo, Gustavo de Alencar. II. Título.

UFCG/CFP/BS

CDU – 53: 37

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Denize Santos Saraiva Lourenço CRB/15-046

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO APRENDIZADO DAS TEORIAS DA  
RELATIVIDADE: Um estudo de caso em escola pública de Bonito de Santa Fé - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física - Licenciatura, da Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza (UACEN) do Centro de Formação de Professores (CFP) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Cajazêiras - PB, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Física.

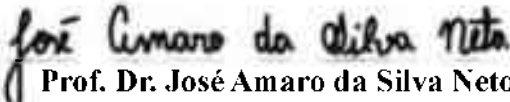
Aprovado em: 05 /07 /2023.


Conceito de Defesa: 9,4

  
Estudante Avaliado (a)

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo (Orientador)  
Universidade Federal de Campina Grande -UACEN/CFP/UFCG  
Orientador

  
Prof. Dr. José Amaro da Silva Neto  
Secretária de Estado da Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba.  
Examinador Externo

  
Prof. Dr. Anderson Alves de Lima  
Universidade Federal de Campina Grande - UACEN/CFP/UFCG  
Examinador Interno



## AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar, quero expressar minha imensa gratidão. Foi pela sua graça e orientação que consegui alcançar este momento tão significativo em minha jornada acadêmica. Agradeço por sua constante presença em minha vida, fortalecendo-me nos momentos de desafios e iluminando o meu caminho.

Quero dedicar um agradecimento especial ao meu amado pai, o senhor João Furtado de Araújo. Você tem sido uma fonte inesgotável de amor, apoio e inspiração em minha vida. Sua dedicação e incentivo constante foram essenciais para que eu pudesse chegar até aqui. Seus conselhos sábios e sua presença constante me deram a força necessária para enfrentar os obstáculos e perseverar em meu caminho. Sou imensamente grato por tudo o que senhor fez e continua fazendo por mim.

À minha querida mãe, Zildene Queiroz de Araújo. Sua dedicação, amor e apoio foram fundamentais para o meu sucesso. Você sempre esteve ao meu lado, acreditando em mim e me encorajando em cada etapa desta jornada. Suas palavras de incentivo e seu exemplo moldaram o meu caráter e me tornaram a pessoa que sou hoje.

A minha amada esposa, Lizandra Queiroz Alves Lopes, agradeço por todo o amor, paciência e compreensão que você demonstrou ao longo dos anos. Seu apoio incondicional e encorajamento constante foram fundamentais para que eu pudesse me dedicar plenamente aos estudos. Sua presença ao meu lado trouxe conforto e motivação em momentos de cansaço e incerteza. Sou abençoado por ter você como minha companheira de vida e sou grato por todo o seu amor e apoio.

Ao meu orientador, Professor Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo, quero expressar minha profunda gratidão. Sua orientação precisa, conhecimento profundo e dedicação ao meu trabalho foram essenciais para a conclusão deste TCC. Suas sugestões e conselhos valiosos ajudaram-me a expandir minha compreensão e a aprimorar meu trabalho. Serei eternamente grato pela sua paciência, sabedoria e pela confiança depositada em mim.

Gostaria também de agradecer aos membros da banca examinadora o Prof. Dr. José Amaro da Silva Neto e Prof. Dr. Anderson Alves de Lima por seu tempo, atenção e avaliação cuidadosa. Suas observações e sugestões construtivas contribuíram para o aprimoramento deste trabalho e para o meu crescimento como estudante e pesquisador.

Aos meus colegas de curso, em especial a Janielio e Aline, agradeço pela parceria e apoio mútuo ao longo desses anos. Nossas trocas de conhecimento, debates enriquecedores e momentos compartilhados foram essenciais para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Aos colegas do ônibus que compartilharam o trajeto comigo rumo à universidade, agradeço por tornarem essa jornada mais leve e prazerosa.

Em especial, quero agradecer ao motorista do ônibus, meu segundo pai, João Furtado de Figueiredo. Seu cuidado, gentileza e zelo pela nossa segurança foram além do seu trabalho e fizeram diferença em minha vida. Sou grato por sua presença e por todo o apoio oferecido ao longo dessa caminhada.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal. Cada pessoa mencionada e todas as outras que não foram citadas desempenharam um papel significativo na minha jornada

## RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso (TCC) tem como objetivo explorar as possibilidades do ensino por investigação no aprendizado das teorias da relatividade especial e geral no contexto do Ensino Médio, envolvendo ativamente os estudantes no processo de aprendizagem por meio de investigações e experimentos. Dessa forma, os estudantes poderão aplicar os conceitos da relatividade em situações reais, desenvolvendo o pensamento crítico e a resolução de problemas. Apesar do entendimento dessas teorias serem essenciais para uma melhor compreensão da física moderna, muitos estudantes encontram dificuldades em assimilá-las devido à sua natureza abstrata e complexa. A relatividade especial e geral são teorias fundamentais na física, propostas por Albert Einstein, que descrevem o comportamento do espaço, do tempo e da gravidade em escalas extremas. No entanto, o ensino dessas teorias costuma ser desafiador para os estudantes. Neste estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico para examinar as principais abordagens pedagógicas utilizadas atualmente no ensino por investigação e as teorias da relatividade especial e geral, utilizando os autores Carvalho (2013), Moreira (2006), Ausubel (1968), Serafini (2016), Barcelos et al. (2019), Marcondes et al. (2018), MOTTA (2019) e entre outros autores. Em seguida, foram propostas estratégias de ensino por investigação, embasada nas bases teóricas da pesquisa, com o objetivo de proporcionar uma aprendizagem significativa dos conceitos relativísticos para uma turma de terceiro ano do ensino médio. A turma é composta por aproximadamente 32 estudantes e pertence a uma escola pública localizada na cidade de Bonito de Santa Fé-PB. Essas estratégias foram implementadas durante o primeiro semestre de 2023 como parte da prática pedagógica. Neste período, fez-se o uso de atividades práticas e experimentais, discussões em grupo, pesquisas bibliográficas e simulações computacionais como ferramentas de ensino para estimular a curiosidade, o pensamento crítico e a participação ativa dos alunos. Os resultados da pesquisa demonstraram que o ensino por investigação no aprendizado das teorias da relatividade especial e geral no contexto do Ensino Médio proporcionou uma melhora significativa na compreensão e assimilação desses conceitos pelos estudantes. Através das atividades práticas e experimentais, os alunos puderam vivenciar situações reais que envolvem os princípios da relatividade, o que os ajudou a visualizar e aplicar esses conceitos de forma mais concreta.

**Palavras-chave:** Ensino por investigação; Teorias da relatividade; Ensino médio; Atividades experimentais; Aprendizagem Significativa.

## ABSTRACT

The present undergraduate thesis aims to explore the possibilities of inquiry-based teaching in the learning of special and general relativity theories within the context of high school education, actively involving students in the learning process through investigations and experiments. In this way, students will be able to apply the concepts of relativity in real-life situations, fostering critical thinking and problem-solving skills. Despite the importance of understanding these theories for a better grasp of modern physics, many students encounter difficulties in assimilating them due to their abstract and complex nature. Special and general relativity are fundamental theories in physics, proposed by Albert Einstein, which describe the behavior of space, time, and gravity on extreme scales. However, teaching these theories often proves challenging for students. In this study, a literature review was conducted to examine the main pedagogical approaches currently used in inquiry-based teaching and the special and general relativity theories, drawing from authors such as Carvalho (2013), Moreira (2006), Ausubel (1968), Serafini (2016), Barcelos et al. (2019), Marcondes et al. (2018), MOTTA (2019), among others. Subsequently, inquiry-based teaching strategies were proposed, grounded in the research's theoretical foundations, with the objective of providing meaningful learning of relativistic concepts to a third-year high school class. The class comprises approximately 32 students and belongs to a public school located in the city of Bonito de Santa Fé-PB. These strategies were implemented during the first semester of 2023 as part of the pedagogical practice. During this period, practical and experimental activities, group discussions, bibliographic research, and computer simulations were used as teaching tools to stimulate curiosity, critical thinking, and active student participation. The research results demonstrated that inquiry-based teaching in the learning of special and general relativity theories within the context of high school education led to a significant improvement in the students' understanding and assimilation of these concepts. Through practical and experimental activities, students were able to experience real-life situations involving the principles of relativity, which helped them visualize and apply these concepts in a more concrete manner.

**Keywords:** Inquiry-based teaching; Relativity theories; High school education; Experimental activities; Meaningful learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Simulação computacional da contração relativística).....	39
Figura 2: Simulação computacional da simultaneidade .....	39
Figura 3: Simulação computacional da simultaneidade .....	40
Figura 4: Localização do colégio da pesquisa no GPS.....	50
Figura 5: Fachada principal do colégio .....	50
Figura 6: Sala de aula onde foi aplicado a pesquisa .....	53
Figura 7: Censo escolar do colégio.....	54
Figura 8: Etapas da técnica de análise de conteúdo.....	58
Figura 9: Aplicação do questionário inicial .....	89
Figura 10: Apresentação do problema inicial da intervenção.....	90
Figura 11: Experimento na quadra esportiva.....	92
Figura 12: Apresentação da simulação do experimento de Michelson-Morley .....	94
Figura 13: Simulação da contração relativística.....	97
Figura 14: Experimento dos carrinhos.....	99
Figura 15: Mapa mental produzido pelo o grupo I de estudantes .....	115
Figura 16: Mapa mental produzido pelo o grupo II de estudantes .....	118

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Faixa etária dos estudantes- Distribuição de idade.....	64
Gráfico 2 – Preferências dos alunos em relação à metodologia das aulas de física .....	70
Gráfico 3 – Opinião dos alunos sobre a relevância prática dos conceitos de Física .....	74
Gráfico 4 – Familiaridade dos alunos com tecnologias de ensino de Física .....	78
Gráfico 5 – Familiaridade dos estudantes com as teorias da relatividade .....	79
Gráfico 6 - Preferência dos alunos por métodos práticos no estudo da relatividade.....	83
Gráfico 7 - Opiniões dos estudantes sobre o uso de tecnologias na compreensão das teorias.	86
Gráfico 8 - Dificuldades dos estudantes durante a intervenção.....	134
Gráfico 9 - Opinião dos estudantes sobre o envolvimento da turma nas atividades .....	138

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atividades previstas nos encontros .....	59
Tabela 2 – Respostas dos estudantes (4º questão pré-teste) .....	66
Tabela 3 – Respostas dos estudantes (5º questão pré-teste) .....	68
Tabela 4 – Respostas dos estudantes (6º questão pré-teste) .....	71
Tabela 5 - Respostas dos estudantes (8º questão pré-teste).....	75
Tabela 6 - Respostas dos estudantes (9º questão pré-teste).....	76
Tabela 7 - Respostas dos estudantes (11º questão pré-teste).....	80
Tabela 8 - Respostas dos estudantes (12º questão pré-teste).....	84
Tabela 9 - Respostas dos estudantes (13º questão pré-teste).....	85
Tabela 10 – 1º Resultado dos estudantes no experimento dos carrinhos .....	100
Tabela 11 – 2º Resultado dos estudantes no experimento dos carrinhos .....	103
Tabela 12 – 3º Resultado dos estudantes no experimento dos carrinhos .....	105
Tabela 13 – Respostas dos estudantes (1º questão pós-teste).....	121
Tabela 14 – Respostas dos estudantes (2º questão pós-teste).....	125
Tabela 15 – Respostas dos estudantes (3º questão pós-teste).....	130
Tabela 16 – Respostas dos estudantes (4º questão pós-teste).....	135

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: perspectivas para a prática educativa do/a professor/a de Física no Ensino Médio</b> .....	19
2.1 Metodologias Ativas no Ensino de Física .....	19
2.1.2 Ensino por Investigação como Ferramenta para a Aprendizagem Significativa em Física.....	25
2.1.3 O uso de Mapas Conceituais como Ferramenta Pedagógica .....	34
2.2 O ensino de Física e as Teorias da Relatividade Especial e Geral.....	36
2.2.1 Espaços Diferenciados de Aprendizagem.....	43
<b>3 ITINERÁRIO METODOLÓGICO DA PESQUISA</b> .....	47
3.1 Caracterização da pesquisa.....	48
3.2 Local e sujeitos envolvidos na pesquisa.....	49
3.3 Procedimento para coleta e análise de dados.....	54
3.4 Descrição das atividades desenvolvidas na intervenção.....	59
<b>4 MOMENTO DA PRÁTICA PEDAGÓGICA: o que dizem as percepções dos/as estudantes?</b> .....	62
4.1 Perfil dos estudantes.....	63
4.2 Momentos pedagógicos.....	87
4.2.1 1º Momento pedagógico .....	88
4.2.2 2º Momento pedagógico .....	92
4.2.3 3º Momento pedagógico.....	96
4.2.4 4º Momento pedagógico .....	107
4.2.5 5º Momento pedagógico .....	111
4.2.6 Mapas conceituais e o entendimento dos alunos.....	119
4.2.7 6º Momento pedagógico .....	120
4.3 Percepção dos estudantes sobre a prática pedagógica.....	120

<b>5 PALAVRAS FINAIS</b> .....	140
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	143
<b>7 APÊNDICES</b> .....	152
7.1 Apêndice A- Questionário pré-teste.....	152
7.2 Apêndice B- Questionário pós-teste .....	154
7.3 Apêndice C- Planos de aulas .....	155
7.4 Apêndice D- Slides utilizados durante a intervenção .....	171
<b>8 ANEXOS</b> .....	197
7.1 Anexo A- Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.....	198
7.2 Anexo B- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	201
7.3 Parecer Consubstanciado do CEP .....	204

## INTRODUÇÃO

O Ensino Médio passou por diversas transformações ao longo dos anos, entre essas transformações podemos citar a reforma do Ensino Médio em 2017<sup>1</sup>. Esta reforma trouxe importantes mudanças para a estrutura curricular e a forma como os conteúdos são abordados em sala de aula. Uma das principais mudanças foi a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que estabeleceu as competências e habilidades que devem ser desenvolvidas pelos estudantes durante o Ensino Médio. A BNCC tem como objetivo garantir uma formação mais completa e consistente para todos os estudantes do país, independentemente da região em que vivem ou da escola em que estudam.

Seguindo as orientações da BNCC, a nova reforma do Ensino Médio buscou dar maior flexibilidade aos estudantes na escolha dos conteúdos que desejam aprofundar, por meio da implementação dos itinerários formativos. Dessa forma, os estudantes podem optar por uma formação mais voltada para as Ciências da Natureza, Humanas, Linguagens ou profissionalizante, de acordo com seus interesses e objetivos.

Essa nova reforma do Ensino Médio traz à tona a importância do ensino por investigação. Segundo Carvalho (2013), o ensino por investigação é uma metodologia que busca o desenvolvimento da autonomia e do pensamento crítico dos estudantes, por meio da investigação de fenômenos e problemas reais, de forma a construir seu próprio conhecimento. Essa metodologia é muito importante para a formação de estudantes capazes de compreender e solucionar problemas, em uma sociedade cada vez mais complexa e diversa.

Em suma, a BNCC e a nova reforma do Ensino Médio trouxeram importantes mudanças na estrutura curricular e na forma como os conteúdos são abordados em sala de aula. E o ensino por investigação se torna cada vez mais importante, à medida que os estudantes são instigados a construir seu próprio conhecimento, desenvolvendo habilidades e competências essenciais para sua formação.

Quando nos referimos ao ensino de física, é importante destacar que ao construir uma visão da física voltada para a formação de um cidadão atuante e solidário, é uma abordagem abrangente e significativa. Essa perspectiva busca ir além do simples ensino dos conceitos físicos, buscando também desenvolver habilidades e ferramentas que permitam ao estudante

---

<sup>1</sup> A Lei nº 13.415/2017 é uma lei federal brasileira que promoveu alterações na legislação educacional do país. Ela alterou as Leis nºs 9.394/1996 e 11.494/2007, revogou a Lei nº 11.161/2005 e instituiu a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm). Acesso em: 29 abr. 2023.

compreender, intervir e participar ativamente da realidade em que vive. (BRASIL, 2002, p. 1). Uma visão da Física que esteja voltada para a formação cidadã não se limita apenas ao conhecimento teórico dos princípios físicos, mas também busca promover uma compreensão ampla do papel da ciência na sociedade e do impacto que a Física tem na nossa vida cotidiana. Além disso, uma abordagem que visa formar um cidadão atuante e solidário por meio da Física pode incentivar a participação ativa dos estudantes em projetos e atividades práticas que envolvam a aplicação dos conceitos físicos em situações reais, como investigações científicas, experimentos, projetos de engenharia e entre outros.

Aliado a essa reflexão, faço um breve relato de minha vivência que culminou no desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente remeto-me à minha caminhada escolar, destacando o ensino fundamental, médio e superior. Desde do princípio sempre fui fascinado pelo mundo da ciência e tinha um interesse especial em entender como as coisas funcionavam no nível mais fundamental. Adorava aprender sobre os fenômenos naturais e descobrir como as coisas funcionavam no mundo ao seu redor. Minha professora de ciências também compartilhava dessa paixão pela ciência e buscava tornar as aulas tão envolventes e interativas quanto possível. A professora sabia que a melhor forma de ensinar ciências era através de atividades práticas e experimentos. Ela acreditava que os estudantes aprendiam melhor quando podiam explorar e descobrir por si mesmos, em vez de apenas ouvir o professor falar. Os alunos de minha sala ficavam empolgados com as aulas da professora de Ciências, pois sabiam que sempre haveria alguma atividade interessante para fazer. Aquelas aulas de ciências foi um momento marcante, pois foi quando percebi o quão empolgante a ciência poderia ser quando aplicada na prática. Desde então, fiquei ainda mais fascinado pela disciplina e pela investigação científica. Através das atividades práticas e experimentos da professora de Ciências, desenvolvi habilidades de observação, análise e resolução de problemas que me ajudaram em minha jornada acadêmica e pessoal.

No início do ensino médio, sempre tive uma curiosidade insaciável em relação as disciplinas de biologia, física e química, devido a minha paixão pela Ciência que havia despertado no ensino fundamental. No ensino médio, as aulas que me fascinava eram as aulas de física, pois o professor que ministrava as aulas, trabalhava a física por meio de experimentos práticos. Em uma dessas aulas, o professor propôs um desafio para a turma: construir um foguete de garrafa pet e analisar seu movimento. Fiquei animado com a ideia e comecei a pesquisar e estudar sobre os princípios da física que envolvem o movimento de objetos em propulsão. Na sala de aula, formamos grupos e começamos a planejar nossos foguetes. Pesquisamos diferentes materiais, tamanhos de garrafas, tipos de combustível e até

mesmo a aerodinâmica do foguete. Calculamos as trajetórias e previmos as alturas alcançadas por cada projeto.

A experiência de trabalhar em grupo, compartilhar ideias e solucionar problemas foi enriquecedora. Aprendi a importância do trabalho em equipe, da comunicação e da criatividade na resolução de desafios científicos. Essa abordagem de aulas de física por investigação com resolução de problemas e experimentos despertou ainda mais minha paixão pela física. Foi gratificante ver como a teoria que aprendemos em sala de aula é aplicada na prática e como a física está presente em nosso cotidiano de forma concreta.

No entanto, no 3º ano do ensino médio mudei para a outra escola e as aulas de física era ministrada por outro professor. As aulas eram predominantemente baseadas em palestras tradicionais, com o professor explicando teorias e fórmulas em um formato de transmissão de conhecimento. Nessas aulas, o professor geralmente apresentava conceitos abstratos, teorias e fórmulas em uma sequência linear, seguindo um currículo pré-estabelecido. A nossa turma era exposta a uma grande quantidade de informações, muitas vezes complexas, e o professor incentivava a memorizar e repetir esses conteúdos em provas e avaliações.

Foi nesse momento que percebi que essa abordagem utilizada pelo professor tinha algumas limitações. Primeiro, por ser difícil para os estudantes compreenderem conceitos abstratos apenas através de explicações verbais e fórmulas escritas. A falta de exemplos práticos e aplicação concreta dos conceitos dificultava a compreensão e a aplicação dos mesmos em situações reais. Além disso, essa abordagem não estimulava a curiosidade, o pensamento crítico e a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento. Os estudantes da minha turma sentiam-se passivos na sala de aula, apenas ouvindo o professor, sem ter a oportunidade de questionar, explorar e experimentar.

Devido ao interesse pelo funcionamento do universo e pela aplicação das leis da física em nosso mundo. Ao ingressar na universidade para cursar física, estava ansioso para mergulhar ainda mais no estudo dessa fascinante disciplina. Assim que iniciei o curso, comecei a aprender sobre as diferentes metodologias de ensino da física. Através das disciplinas de Prática De Ensino e as disciplinas de Estágio Supervisionado, descobri que além das aulas tradicionais, existiam também abordagens mais ativas, como o ensino por investigação e o uso de experimentos práticos para explorar os conceitos teóricos. Isso despertou meu interesse e decidi se aprofundar nessa área.

Durante minha formação universitária, pude vivenciar a aplicação dos conceitos aprendidos em aulas práticas. Nas disciplinas de Prática do Ensino da Física no Ensino Médio I e II, tive acesso a diversos artigos e estudos que discutiam a abordagem do ensino por

investigação. Entre os autores que pude citar estão Carvalho (2013), Delizoicov et al. (2011), Amaral et al. (2020) e outros.

Gostava muito das atividades de laboratório, onde podia fazer experimentos e observar os resultados na prática. Essa abordagem mais prática e investigativa me ajudou a compreender os conceitos de forma mais significativa, e logo fiquei entusiasmado em explorar ainda mais essa metodologia. Além disso também se envolvi em estágios supervisionado em uma escola de ensino médio como parte do curso, e foi durante essa época que decidi compartilhar minha paixão pela física com os alunos do ensino médio e experimentar diferentes estratégias de ensino.

Com o auxílio do professor orientador, implementei o ensino por investigação na disciplina de Estágio Supervisionado IV que trabalhava os conteúdos do 3º ano do ensino médio. Quando chegou a hora de realizar o estágio obrigatório como parte do curso de Física, tive a oportunidade de trabalhar com o professor supervisor em uma escola de ensino médio. Logo percebi isso como a oportunidade perfeita para experimentar uma nova abordagem de ensino, usando a metodologia de ensino por investigação. Logo comecei a planejar minhas aulas de forma criativa, buscando maneiras de envolver os estudantes em atividades práticas e experimentais relacionadas à Teoria da Relatividade Especial e Geral. Logo usei simulações, modelos em escala, vídeos explicativos e atividades em grupo para explorar os conceitos de dilatação do tempo, contração do espaço e curvatura do espaço-tempo. Durante esse estágio incentivei a discussão em sala de aula, estimulando os estudantes a fazerem perguntas e compartilharem suas ideias.

À medida que o estágio continuava, notei que os estudantes estavam mais envolvidos, faziam mais perguntas e demonstravam um maior interesse na Teoria da Relatividade. Além disso, eles também começaram a conectar os conceitos da Teoria da Relatividade com outros tópicos de física, e a ver a relevância desses conceitos em sua vida cotidiana.

Partindo desses pressupostos, a organização desta pesquisa foi possibilitada pela pergunta mobilizadora que surgiu durante o estudo dos conceitos das teorias relativísticas, juntamente com os estudos de autores que se baseavam no ensino por investigação e os eventos que ocorreram durante o estágio supervisionado IV: **De que maneira o ensino por investigação pode ser adaptado para o contexto do ensino médio, a fim de promover a compreensão das teorias da relatividade especial e geral de forma mais eficaz e significativa?**

Assim, esta pesquisa tem como objetivo geral: Explorar a abordagem de atividades investigativas no ensino médio, com o objetivo de problematizar os conteúdos das teorias relativísticas e estabelecer uma conexão com o cotidiano dos estudantes. Os objetivos

específicos consistem em: 1) Avaliar a eficácia da abordagem de ensino por investigação no aprendizado das teorias da relatividade especial e geral no ensino médio; 2) Elaborar e aplicar atividades investigativas relacionadas aos conceitos das teorias relativísticas, buscando estabelecer uma conexão com o cotidiano dos estudantes.; 3) Analisar os resultados da aplicação das atividades investigativas, identificando o impacto na compreensão dos conceitos das teorias relativísticas pelos estudantes.

Uma das hipóteses que surgiu para a realização da pesquisa, sugere que alguns estudantes iriam desenvolver todas as atividades investigativas com afinidade com o material aplicado. Isso pode ser explicado pelo fato de que o ensino por investigação envolve uma abordagem prática e participativa, o que pode despertar o interesse e a curiosidade dos alunos. Alunos que possuem um interesse prévio pela física e uma inclinação natural para a resolução de problemas podem encontrar nesse método uma maneira eficaz de assimilar as teorias da relatividade. Outra hipótese levantada é que as atividades investigativas podem desempenhar um papel motivador para alguns discentes. Ao envolver os alunos em investigações ativas, em vez de apenas transmitir informações teóricas, cria-se um ambiente de aprendizado mais dinâmico e desafiador. Isso pode estimular a motivação dos estudantes, uma vez que eles se envolvem de forma mais significativa com o conteúdo e têm a oportunidade de aplicar seus conhecimentos em situações reais ou fictícias.

A criatividade dos alunos é outra dimensão que pode ser estimulada por meio de situações problematizadoras, experimentos, simulações computacionais e materiais afins. A teoria da relatividade envolve conceitos complexos e abstratos, e o uso de estratégias criativas pode ajudar os estudantes a visualizarem e compreenderem melhor esses conceitos. Ao explorar a conexão entre a teoria e o cotidiano dos alunos, eles podem encontrar maneiras únicas de abordar os problemas e desenvolver soluções inovadoras.

A abordagem de ensino por investigação, em que os alunos são incentivados a explorar, investigar e resolver problemas relacionados à teoria da relatividade especial e geral, pode ser uma estratégia pedagógica eficaz para motivar e engajar os estudantes do ensino médio. Diversos autores têm destacado a importância dessa abordagem na educação, especialmente em temas complexos como a física teórica. Paulo Freire, um dos principais pedagogos brasileiros, defende a importância de uma educação problematizadora, em que os estudantes sejam desafiados a investigar e refletir criticamente sobre a realidade que os cerca. Segundo Freire (1987), os estudantes aprendem melhor quando são incentivados a questionar, a investigar e a construir seu conhecimento de forma ativa, em vez de apenas receberem informações prontas. A abordagem de ensino por investigação, que propõe a exploração e

resolução de problemas reais relacionados à teoria da relatividade, pode ser uma forma de implementar essa visão problematizadora da educação.

A pesquisa foi conduzida com alunos do 3º ano do Ensino Médio no período matutino, na disciplina de Física, na Escola Estadual do Ensino Médio ECIT Monsenhor Moraes, situada na cidade de Bonito de Santa Fé, Paraíba. A referida turma tem em torno de 30 alunos que apresentam dificuldades de aprendizagem na disciplina de Física. Nesse sentido este trabalho foi proposto com intuito de apresentar o ensino por investigação como ferramenta didática que pode ter um papel fundamental no ensino da teoria da relatividade especial e geral no ensino médio. Essa abordagem pedagógica permite que os alunos se tornem protagonistas de seu próprio processo de aprendizagem, engajando-se ativamente na construção de seu conhecimento e na compreensão dos princípios fundamentais da física teórica. Através da pesquisa e da investigação, os estudantes têm a oportunidade de explorar conceitos complexos, compreender as aplicações da teoria da relatividade no cotidiano e desenvolver habilidades cognitivas, críticas e analíticas.

## **2. ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: perspectivas para a prática educativa do/a professor/a de Física no Ensino Médio**

Neste capítulo, será abordado o enfoque teórico que serviu como fundamento no trabalho. Nas bases teóricas, serão apresentadas algumas reflexões a respeito de: Metodologias ativas no ensino de Física, Ensino por Investigação como Ferramenta para a Aprendizagem Significativa em Física, O Uso de Mapas Conceituais como Ferramenta Pedagógica, e O Ensino de Física - Teorias da Relatividade Especial e Geral, além de Espaços Diferenciados de Aprendizagem.

### **2.1. METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE FÍSICA**

As metodologias ativas têm se destacado cada vez mais no campo educacional, especialmente por seu princípio teórico fundamental: a promoção da autonomia intelectual dos estudantes. Autores renomados, como Freire (1969) e Demo (1991), têm defendido que a autonomia é um elemento essencial no processo pedagógico e que a pesquisa desempenha um papel fundamental no fomento do aprendizado e no desenvolvimento da autonomia intelectual



e da consciência crítica dos alunos.

Freire (1969), um dos principais teóricos da educação, ressalta em sua obra que a autonomia é um direito inalienável dos indivíduos e que o processo de ensino-aprendizagem deve ser construído de forma a promovê-la. Ele acredita que a educação tradicional, baseada em uma relação hierárquica entre o educador e o educando, muitas vezes inibe a capacidade dos estudantes de pensar criticamente e tomar decisões por si mesmos. Em contrapartida, as metodologias ativas buscam engajar os estudantes de forma ativa e participativa, permitindo que eles se tornem protagonistas de seu próprio aprendizado.

Nesse sentido Alves (2002), nos apresenta o seguinte pensamento a respeito da autonomia dos estudantes:

Há escolas que são gaiolas. Há escolas que são asas. Escolas que são gaiolas existem para que os pássaros desaprendam a arte do voo. Pássaros engaiolados são pássaros sob controle. Engaiolados, o seu dono pode levá-los para onde quiser. Pássaros engaiolados sempre têm um dono. Deixaram de ser pássaros. Porque a essência dos pássaros é o voo. Escolas que são asas não amam pássaros engaiolados. O que elas amam são os pássaros em voo. Existem para dar aos pássaros coragem para voar. Ensinar o voo, isso elas não podem fazer, porque o voo já nasce dentro dos pássaros. O voo não pode ser ensinado. Só pode ser encorajado (ALVES, 2002, p. 29-30).

A citação atribuída a Rubem Alves, apresenta uma metáfora poética sobre a natureza das escolas. O autor descreve duas categorias de escolas: aquelas que são gaiolas e aquelas que são asas. As escolas-gaiolas representam um sistema educacional que limita e controla os alunos, fazendo com que eles "desaprendam a arte do voo", ou seja, percam sua liberdade e capacidade de explorar e criar seu próprio conhecimento. Os pássaros engaiolados são símbolos dos estudantes submissos às regras e restrições impostas pelo sistema educacional. A mensagem principal da citação é que as escolas devem ser lugares de liberdade, encorajamento e empoderamento, onde os estudantes possam explorar suas habilidades e voar em direção aos seus sonhos. O papel dos educadores é estimular e apoiar esse voo, em vez de tentar ensinar algo que já está intrínseco nos alunos. É uma reflexão sobre a importância de uma abordagem educacional que valorize a individualidade, a autonomia e a criatividade dos estudantes, permitindo-lhes desenvolver seu potencial máximo.

As metodologias ativas têm sido amplamente discutidas e defendidas por diversos autores no campo da educação. Quando aplicadas ao ensino de Física, essas abordagens promovem uma aprendizagem mais significativa e engajadora. Segundo Michaelson e Fink (2018), as metodologias ativas incentivam a participação ativa dos estudantes, estimulando o pensamento crítico, a resolução de problemas e a construção do conhecimento. Eles destacam

que essas abordagens proporcionam uma maior interação entre os alunos e o conteúdo, permitindo uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos.

No contexto do ensino de Física, autores como Hake (1998) e Redish (2003) ressaltam a importância de promover uma aprendizagem ativa, em que os estudantes sejam desafiados a construir seu próprio conhecimento por meio da resolução de problemas e da exploração de situações reais. Eles argumentam que esse tipo de abordagem favorece o desenvolvimento de habilidades de raciocínio científico e a compreensão dos princípios físicos de maneira mais concreta.

Nesse sentido as metodologias ativas são abordagens pedagógicas que colocam o estudante como protagonista do processo de aprendizagem, promovendo a participação ativa, a construção do conhecimento e o desenvolvimento de habilidades. No contexto do ensino de Física, as metodologias ativas têm sido amplamente discutidas e aplicadas como uma forma de superar desafios e melhorar a aprendizagem dos alunos. Nesta discussão, iremos explorar o papel das metodologias ativas no ensino de Física.

As metodologias ativas proporcionam uma abordagem mais dinâmica e interativa para o ensino de Física, permitindo que os alunos se envolvam ativamente na construção do conhecimento. Nesse sentido, Piaget (1973) afirmou que *"o conhecimento não pode ser transmitido, mas sim construído pelo sujeito que aprende"*. Esse conceito é fundamental para compreendermos a necessidade de uma abordagem ativa no ensino de Física, uma disciplina que exige a compreensão de conceitos complexos.

Uma das metodologias ativas amplamente utilizadas no ensino de Física é a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma metodologia ativa amplamente utilizada no ensino de Física, que coloca o aluno como protagonista do processo de aprendizagem. Essa abordagem, proposta por Barrows e Tamblyn (1980), consiste na apresentação de um problema autêntico aos alunos, desafiando-os a encontrar soluções e construir conhecimento de forma colaborativa. Segundo Savery e Duffy (1996), a ABP é um processo de aprendizagem no qual os alunos se engajam ativamente em investigar e resolver problemas complexos e desafiadores, em vez de receber informações de forma passiva. Ao serem expostos a um problema real, os alunos são incentivados a buscar ativamente informações relevantes, analisar dados, formular hipóteses, testar suas ideias e chegar a soluções fundamentadas. A ABP no ensino de Física é consistente com a visão construtivista de aprendizagem, na qual o aluno é considerado o construtor ativo do conhecimento. De acordo com Piaget (1973), o conhecimento é construído a partir da interação do sujeito com o ambiente, por meio de ações e reflexões. Nesse sentido, a ABP

proporciona um ambiente propício para que os alunos construam seus próprios conhecimentos, explorando a física em situações reais e significativas.

As metodologias ativas no ensino de Física podem ser potencializadas pelo uso de tecnologias educacionais, que oferecem recursos interativos e simulações que auxiliam os alunos na compreensão de fenômenos físicos complexos. A integração de tecnologias no contexto do ensino de Física tem o potencial de transformar a experiência de aprendizagem, proporcionando uma abordagem mais prática e envolvente. Valadares (2019) destaca que as tecnologias educacionais podem promover uma aprendizagem mais significativa ao permitir que os alunos explorem situações reais e realizem experimentações virtuais. Essas ferramentas possibilitam a simulação de fenômenos físicos, fornecendo aos alunos um ambiente seguro e controlado para observar e interagir com conceitos abstratos. Por exemplo, através de simulações computacionais, os alunos podem visualizar o comportamento de objetos em queda livre, o movimento de partículas em campos magnéticos ou até mesmo explorar o funcionamento de circuitos elétricos complexos.

Ao utilizar tecnologias educacionais, os estudantes têm a oportunidade de experimentar diferentes cenários e ajustar variáveis para compreender como as mudanças afetam os resultados. Isso encoraja o pensamento crítico, a análise de dados e a formulação de hipóteses, aproximando a teoria da prática. Além disso, essas ferramentas oferecem feedback imediato, permitindo que os alunos compreendam as consequências de suas ações e realizem ajustes em seus raciocínios.

No entanto, a implementação efetiva das tecnologias educacionais no ensino de Física apresenta desafios. Primeiramente, é necessário acesso adequado a equipamentos e recursos digitais, como computadores, tablets ou dispositivos móveis, bem como conectividade à internet. A falta de infraestrutura tecnológica pode ser um obstáculo para a adoção dessas ferramentas, especialmente em contextos educacionais com recursos limitados. Além disso, é importante que os professores recebam formação e apoio para utilizar as tecnologias educacionais de forma efetiva. Eles precisam compreender como integrar essas ferramentas no planejamento de aulas, adaptando-as aos objetivos de aprendizagem e aos conteúdos específicos da disciplina de Física. A capacitação docente também deve incluir estratégias para o uso crítico das tecnologias, incentivando os alunos a refletirem sobre suas limitações e possíveis fontes de erro.

As abordagens ativas de ensino amplificam a independência dos alunos, permitindo-lhes criar e recriar seu próprio conhecimento em vez de simplesmente absorvê-lo de maneira passiva do professor. Isso os capacita a se tornarem questionadores, intervindo de forma

consciente e provocando transformações na realidade. Nessa perspectiva, a adoção de diversas estratégias de ensino requer uma mudança de atitude por parte do educador, pois

Nas aulas com diferentes metodologias, o professor deve buscar relacionar os conteúdos com a realidade dos alunos em questão, criando situações onde eles possam produzir e criar. Nestas aulas, o professor deixa de ser o “dono do conhecimento” e passa a ser um mediador. Os alunos deixam de apenas fixar os conteúdos passando a produzir seu próprio conhecimento de acordo com o que lhes é proposto em sala de aula. Quando o aluno consegue relacionar situações do seu cotidiano com os conteúdos abordados em sala de aula, o aprendizado poderá ser mais significativo (DULLIUS; MARCHI; HAETINGER, 2010, p. 2).

A abordagem de aulas predominante tradicional pode limitar o engajamento dos alunos, sua criatividade e capacidade de resolver problemas. A falta de participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem pode levar ao desinteresse, desmotivação e até mesmo à evasão escolar. Além disso, a ênfase excessiva na transmissão de conteúdo pelo professor pode não ser eficaz para atender às necessidades individuais de cada estudante. Uma abordagem mais inovadora e diversificada do ensino pode trazer benefícios significativos para os alunos. Por exemplo, ao utilizar recursos tecnológicos, como tablets, computadores e aplicativos educacionais, é possível envolver os estudantes de maneira mais interativa, estimulando o aprendizado ativo e promovendo a autonomia na busca por conhecimento.

É importante que tanto os professores, quanto os alunos aceitem as mudanças e também é necessário que os professores estejam preparados para utilizar as metodologias em sala de aula para que ocorra o aprendizado. Levar em conta a realidade do aluno, a disciplina que será ministrada, bem como o conteúdo que deverá ser desenvolvido, faz parte de um grande trabalho que envolve estudos teóricos e práticos (DULLIUS; MARCHI; HAETINGER, 2010, p. 2).

É importante ressaltar que a atualização das práticas pedagógicas não significa descartar completamente o uso do quadro branco, pincel e livro didático. Esses recursos podem ser complementares a outras estratégias inovadoras, proporcionando uma variedade de abordagens que atendam às diferentes necessidades dos alunos. No entanto, é fundamental investir na formação e capacitação dos professores, fornecendo-lhes as ferramentas necessárias para implementar práticas pedagógicas inovadoras. Isso inclui oferecer treinamentos, apoio contínuo e acesso a recursos educacionais atualizados.

Segundo Berbel (2011), as metodologias ativas introduzem na sala de aula elementos inovadores que têm o potencial de despertar o interesse dos estudantes e proporcionar aos

professores novas abordagens de ensino. A seguir, destaco, com base nas ideias dessa autora, os efeitos benéficos observados em alunos que desenvolvem uma percepção de autonomia por meio do uso de metodologias ativas:

1 - à motivação (apresentando motivação intrínseca, a percepção de competência, pertencimento, curiosidade, internalização de valores); 2 - ao engajamento (com emoções positivas, persistência presença nas aulas, [...]); 3 - ao desenvolvimento (evidenciando autoestima, autovalor, preferência por desafios ótimos, criatividade); 4 - à aprendizagem (melhor entendimento conceitual processamento profundo de informações, uso de estratégias autorreguladas); 5 - à melhoria do desempenho em notas, nas atividades, nos resultados em testes padronizados); e 6 - ao estado psicológico (apresentando indicadores de bem-estar, satisfação com a vida, vitalidade) (BERBEL, 2011, p. 28).

As metodologias ativas oferecem aos professores novas perspectivas de ensino. Ao adotar abordagens mais interativas e colaborativas, os educadores têm a oportunidade de se tornarem facilitadores do aprendizado, proporcionando um ambiente de apoio e estímulo para os alunos. Eles podem criar situações de aprendizagem desafiadoras, propor projetos práticos e utilizar recursos tecnológicos, entre outras estratégias, a fim de promover o engajamento e a autonomia dos estudantes. No entanto, é importante ressaltar que as metodologias ativas não são uma panaceia para todos os desafios educacionais. Sua eficácia depende de diversos fatores, como o contexto de ensino, a preparação e formação dos professores, o apoio institucional e a disponibilidade de recursos adequados. Além disso, é necessário um planejamento cuidadoso e uma avaliação contínua para garantir que essas abordagens sejam implementadas de forma efetiva e que realmente beneficiem os alunos.

Para alcançar esse objetivo, é fundamental diversificar os métodos de ensino, indo além das aulas tradicionais. É imprescindível experimentar diferentes abordagens pedagógicas que promovam a aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, é válido considerar a utilização de espaços de aprendizagem alternativos, tais como museus, laboratórios de ciências, laboratórios de informática, e outros ambientes educativos. Esses locais oferecem oportunidades de observação que não são possíveis dentro de uma sala de aula, além de despertarem a curiosidade dos estudantes (ANTUNES, 2014).

De acordo com o autor, esses espaços diferenciados têm se mostrado estratégias importantes para o ensino de ciências e a construção do conhecimento, uma vez que as escolas por si só não conseguem educar de forma científica e abranger todo o conhecimento científico para os alunos. Portanto, tais espaços adquirem uma importância fundamental no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes (ANTUNES, 2014).

### **2.1.2 Ensino por Investigação como Ferramenta para a Aprendizagem Significativa em Física**

Integrar o ensino investigação como uma ferramenta para a aprendizagem significativa em Física é uma abordagem pedagógica que tem ganhado destaque nos últimos anos. Através dessa metodologia, os estudantes são incentivados a explorar e investigar fenômenos físicos reais, promovendo uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos e o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico. Em sua obra "Pedagogia da Autonomia", Freire (1996) enfatiza a importância da pesquisa como um processo ativo de construção do conhecimento. Ele argumenta que os estudantes devem ser protagonistas de sua própria aprendizagem, e que a investigação científica é uma forma eficaz de envolvê-los nesse processo. Nesse ponto, é importante destacar que a implementação bem-sucedida do ensino investigação em física requer uma mudança na cultura educacional e na formação de professores. Os educadores devem estar preparados para desempenhar um papel de facilitadores, orientando os alunos em suas investigações e promovendo discussões significativas sobre os fenômenos físicos observados.

O ensino de física tem sido objeto de constantes reflexões e busca de novas estratégias metodológicas para promover a compreensão dos conceitos científicos pelos estudantes. Nesse contexto, o ensino por investigação tem se destacado como uma abordagem que possibilita uma aprendizagem mais significativa, na medida em que os alunos são colocados no centro do processo de construção do conhecimento científico. Diferentemente de um ensino tradicional, baseado na transmissão de conhecimento, o ensino por investigação incentiva a experimentação, a reflexão e o questionamento, permitindo que os estudantes desenvolvam habilidades e competências essenciais para a prática científica.

O ensino de física por investigação é uma abordagem que se baseia em teorias construtivistas e socioculturais da aprendizagem. Essas teorias enfatizam a importância da participação ativa dos alunos na construção do conhecimento e reconhecem o papel fundamental da interação social no processo de aprendizagem. Autores renomados, como Piaget, Vygotsky e Ausubel, contribuíram significativamente para o desenvolvimento dessas teorias e destacaram a relevância desses aspectos no ensino e na aprendizagem. De acordo com Piaget (1970), o processo de aprendizagem ocorre por meio da assimilação e acomodação de novas informações pelos alunos. Ele enfatiza a importância da participação

ativa do aluno no processo de construção do conhecimento, afirmando que *"a aprendizagem é um processo ativo, no qual o aluno constrói ativamente o conhecimento, em vez de simplesmente receber informações passivamente"* (Piaget, 1970, p. 45). Nessa perspectiva, o ensino de física por investigação proporciona aos alunos a oportunidade de explorar, questionar, formular hipóteses e construir suas próprias explicações para os fenômenos físicos, promovendo uma aprendizagem mais significativa e duradoura.

Vygotsky (1978) desenvolveu a teoria sociocultural da aprendizagem, que destaca a importância do contexto sociocultural na construção do conhecimento. Segundo ele, o processo de aprendizagem é mediado por interações sociais e pela linguagem, que desempenham um papel fundamental na construção do conhecimento. Vygotsky argumenta que *"a aprendizagem ocorre quando os alunos se envolvem em atividades colaborativas e interagem com seus pares e professores"* (Vygotsky, 1978, p. 89). O ensino de física por investigação proporciona um ambiente propício para a interação social entre os alunos, estimulando o compartilhamento de ideias, a discussão e a construção conjunta do conhecimento.

Ausubel (1968) também contribuiu para a compreensão do processo de aprendizagem, enfatizando a importância da estrutura cognitiva dos alunos na assimilação de novas informações. Ausubel (1968) enfatizou a importância da estrutura cognitiva dos alunos na assimilação de novas informações e desenvolveu a teoria da aprendizagem significativa. De acordo com Ausubel (1968), a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento é relacionado de maneira substantiva e não arbitrária com a estrutura cognitiva existente do aluno. Isso significa que os novos conceitos e informações devem ser integrados aos conhecimentos prévios dos estudantes, estabelecendo conexões significativas e relevantes.

No ensino de física por investigação, essa abordagem é essencial. Os alunos são desafiados a conectar os novos conceitos e fenômenos físicos aos conhecimentos que já possuem, de forma a construir uma compreensão mais ampla e profunda. Em vez de apenas memorizar fórmulas e conceitos isolados, os estudantes são incentivados a explorar as relações entre os diferentes aspectos da física, desenvolvendo uma visão mais integrada do campo. Ao conectar o novo conhecimento à estrutura cognitiva existente, a aprendizagem significativa promovida pelo ensino de física por investigação permite que os alunos vejam a relevância e a aplicação prática dos conceitos estudados. Eles podem perceber como os princípios da física se manifestam nos fenômenos do mundo real, o que aumenta o seu interesse e motivação para aprender.

Um dos fatores que podem influenciar negativamente o desejo do aluno é a falta de

conexão entre os materiais didáticos e as metodologias utilizadas pelo professor. Se os materiais não são adequados ou não despertam o interesse dos alunos, eles podem perder a motivação para aprender. Da mesma forma, se as metodologias de ensino não estão alinhadas com as necessidades e características individuais dos estudantes, o processo de aprendizagem pode se tornar desestimulante. Outro ponto importante é o conhecimento teórico do professor. É essencial que os educadores possuam domínio dos conteúdos que estão sendo ensinados, pois isso influencia diretamente na qualidade da construção do conhecimento. Um professor bem preparado é capaz de despertar a curiosidade dos alunos, relacionar os conteúdos com o mundo real e responder às dúvidas de forma clara e precisa.

Para Kochhann e Moraes (2014, p. 20):

[...] é preciso levar em conta os fatores cognitivos, no intuito de melhorar a forma de ensino e a dinâmica do processo de aprendizagem, visto que supostamente os alunos tem sede de curiosidade pelo aprender, e que muitas vezes, a escola e o professor com seus materiais didáticos e suas metodologias ou o pouco conhecimento teórico, diminui ou acaba com esse desejo do estudante.

No intuito de melhorar a forma de ensino e a dinâmica do processo de aprendizagem, é fundamental levar em conta os fatores cognitivos dos alunos. Os estudantes têm uma sede natural de curiosidade pelo aprender, mas muitas vezes essa vontade é diminuída ou até mesmo extinta devido a diversos aspectos dentro do ambiente escolar. Um dos fatores que podem influenciar negativamente o desejo do aluno é a falta de conexão entre os materiais didáticos e as metodologias utilizadas pelo professor. Se os materiais não são adequados ou não despertam o interesse dos alunos, eles podem perder a motivação para aprender. Da mesma forma, se as metodologias de ensino não estão alinhadas com as necessidades e características individuais dos estudantes, o processo de aprendizagem pode se tornar desestimulante. Além disso, é necessário reconhecer que os fatores cognitivos dos alunos podem variar de pessoa para pessoa. Cada estudante possui uma forma única de aprender e processar informações. Portanto, é importante adotar abordagens diferenciadas que levem em conta essas diferenças individuais. Estratégias pedagógicas que envolvam aulas interativas, trabalhos em grupo, projetos individuais e uso de tecnologias podem ajudar a estimular diferentes habilidades cognitivas e a despertar a curiosidade dos alunos.

Nesse ponto a aprendizagem significativa é um processo em que o novo conhecimento é relacionado e integrado aos conhecimentos prévios do aluno, tornando-se relevante e significativo para ele. Nesse sentido, o papel do educador é fundamental, pois cabe a ele



identificar e trabalhar com os conhecimentos prévios dos alunos, estabelecendo uma ponte entre o que eles já sabem e o que será ensinado.

De acordo com Moreira (2006), é importante que o professor reconheça a relevância do conteúdo para os alunos e transmita essa importância de forma clara. Isso pode ser feito através da explanação sobre como o conteúdo está relacionado com a vida cotidiana dos estudantes, com suas experiências pessoais ou com outros assuntos que eles já tenham conhecimento. Ao estabelecer essa conexão, o professor desperta o interesse e a motivação dos alunos, criando uma base sólida para a aprendizagem. Além disso, é recomendado que o professor apresente uma visão geral do conteúdo a ser estudado, mostrando a estrutura e organização do assunto como um todo. Isso ajuda os alunos a terem uma visão panorâmica do tema, compreendendo como as partes se relacionam e se encaixam. Essa visão geral proporciona uma perspectiva mais ampla e permite que os alunos percebam a importância do novo conteúdo no contexto geral do aprendizado.

Segundo Carvalho (2013), o ensino de física por investigação é fundamentado na teoria construtivista, que enfatiza o papel ativo do estudante na construção de seu próprio conhecimento. Nessa abordagem, o professor assume o papel de mediador, fornecendo orientações e questionamentos que estimulem a reflexão e o raciocínio dos alunos. Uma das principais características do ensino de física por investigação é a ênfase na resolução de problemas reais e contextualizados. Carvalho (2013) afirma que essa abordagem proporciona aos estudantes a oportunidade de aplicar os conceitos em situações do mundo real, promovendo assim uma compreensão mais profunda dos fenômenos estudados. A investigação em sala de aula pode ocorrer de diferentes maneiras. Carvalho (2013) menciona a utilização de experimentos práticos, simulações computacionais, estudos de caso e projetos de pesquisa como estratégias para promover a investigação. Essas atividades permitem aos alunos explorar e descobrir os princípios físicos de forma mais significativa, construindo seu conhecimento por meio da experimentação e da análise crítica dos resultados.

Além disso, o ensino de física por investigação também estimula o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como a capacidade de formular hipóteses, realizar observações sistemáticas, analisar e interpretar dados, argumentar cientificamente e comunicar resultados. Carvalho (2013) destaca que esse enfoque promove o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de resolver problemas complexos, habilidades essenciais para os estudantes no mundo atual.

O ensino de ciências por investigação, baseado nas ideias de Carvalho (2013),

apresenta-se como uma abordagem pedagógica que busca promover a aprendizagem significativa dos conceitos por meio da participação ativa dos alunos na investigação científica. Essa abordagem, fundamentada no construtivismo, enfatiza a resolução de problemas reais e contextualizados, promovendo o desenvolvimento de habilidades cognitivas e a compreensão mais profunda dos fenômenos físicos.

Para Carvalho (2013):

Considerando que a Ciência apresenta linguagem própria e uma forma particular de ver o mundo, construída e validada socialmente, é preciso que situações que possibilitem ao estudante familiarizar-se com suas práticas sejam criadas e, portanto, a problematização deve ser entendida como um processo de envolvimento dos estudantes na identificação de novas questões. Processo, este, construído discursivamente com a ajuda do professor. (CARVALHO, 2013, p. 37)

Carvalho destaca a importância de criar situações que permitam aos estudantes se familiarizarem com as práticas da ciência. Ela enfatiza que a ciência possui uma linguagem própria e uma forma particular de ver o mundo, que são desenvolvidas e validadas socialmente. Portanto, para que os estudantes se engajem na disciplina e compreendam a natureza da ciência, é necessário envolvê-los ativamente na identificação de novas questões por meio do processo de problematização, que é construído discursivamente com a ajuda do professor.

Essa discussão é relevante para a física, pois a disciplina é baseada em um conjunto de teorias, princípios e leis que descrevem o comportamento da matéria e da energia. A linguagem da física é técnica e específica, envolvendo conceitos e terminologias que podem ser desafiadores para os estudantes. Além disso, a física busca entender o mundo natural por meio da observação, experimentação e modelagem matemática, o que pode exigir uma mudança de perspectiva e uma abordagem mais investigativa por parte dos estudantes. A criação de situações que familiarizem os estudantes com as práticas da ciência, dentro do contexto da física, pode ser alcançada por meio de abordagens pedagógicas ativas e participativas. Em vez de transmitir conhecimento de forma passiva, o professor desempenha um papel facilitador, auxiliando os alunos a formular perguntas, explorar fenômenos físicos, realizar experimentos e analisar resultados. Esse processo de problematização incentiva a curiosidade, o pensamento crítico e a capacidade dos estudantes de identificar e investigar novas questões.

As atividades práticas e investigativas adotada no ensino por investigação têm sido amplamente utilizadas no ensino como uma forma de tornar o aprendizado mais significativo

e concreto. Conforme defendido por Carvalho e Gil-Pérez (2016, p. 21), *“a realização de atividades práticas em sala de aula permite aos alunos uma maior compreensão dos conceitos teóricos e estimula o desenvolvimento de habilidades como observação, análise e interpretação de dados”*.

De acordo com Abril et al. (2017, p. 12), *“as atividades práticas são uma ferramenta importante para tornar o ensino da Física mais concreto e significativo para os alunos”*. Essa abordagem de ensino é baseada na ideia de que os alunos aprendem melhor quando são desafiados a aplicar os conceitos teóricos em situações reais e têm a oportunidade de explorar e investigar os fenômenos físicos por si mesmos.

Nesse sentido, Serafini (2016, p. 13) afirma que as atividades práticas *“permitem que os alunos se envolvam diretamente com o objeto de estudo, observando-o, experimentando-o, medindo-o e interpretando-o”*, o que contribui para a construção de um conhecimento mais profundo e duradouro.

Além disso, as atividades práticas e investigativas também têm se mostrado eficazes na promoção do desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como trabalho em equipe, comunicação e resolução de conflitos (PEREIRA et al., 2019).

O uso de atividades investigativas no ensino de física é uma prática pedagógica que vem sendo cada vez mais utilizada no ensino médio. Segundo Martins (2017), essas atividades possibilitam a construção do conhecimento de forma mais significativa e favorecem o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia dos alunos. Além disso, as atividades investigativas permitem que os estudantes sejam protagonistas do próprio processo de aprendizagem, tornando-os mais engajados e motivados.

Para que as atividades investigativas sejam eficazes, é importante que o professor tenha um planejamento cuidadoso e utilize metodologias adequadas. Conforme destacado por Pignone e Pignone (2019), é necessário que as atividades estejam alinhadas aos objetivos de aprendizagem e que o professor forneça o suporte necessário para que os alunos possam construir o conhecimento de forma autônoma.

Para que as atividades investigativas sejam eficazes, é importante que o professor tenha um planejamento cuidadoso e utilize metodologias adequadas. Conforme destacado por Pignone e Pignone (2019), é necessário que as atividades estejam alinhadas aos objetivos de aprendizagem e que o professor forneça o suporte necessário para que os alunos possam construir o conhecimento de forma autônoma.

Como afirmado por Carvalho (2013, p. 14), *“o planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por*

*atividades manipulativas”.*

Segundo Barcelos et al. (2019), as atividades práticas podem ajudar os alunos a desenvolver habilidades como a observação, a análise de dados e a resolução de problemas. Essas habilidades são importantes para o desenvolvimento do pensamento crítico e científico e podem ser aplicadas em diversas áreas da vida. Além disso, as atividades práticas também podem ajudar os alunos a desenvolver habilidades socioemocionais, como a comunicação, a colaboração e a resolução de conflitos.

Para que as atividades práticas sejam eficazes, é fundamental que os professores planejem as atividades de forma adequada e utilizem materiais e equipamentos de qualidade. Conforme destacado por Oliveira et al. (2019, p. 11), *“o planejamento cuidadoso das atividades práticas é fundamental para que os alunos possam aprender de forma significativa e para que os objetivos de aprendizagem sejam alcançados”.*

As atividades práticas e investigativas no ensino da Física de Ensino Médio têm se mostrado uma ferramenta importante para tornar o aprendizado mais significativo e concreto. De acordo com Santos et al. (2020, p. 12), *“a realização de atividades práticas em sala de aula permite que os alunos compreendam os conceitos teóricos de forma mais efetiva e tenham a oportunidade de aplicar esses conceitos em situações reais”.*

Além disso, cabe ao professor a responsabilidade durante a aula *“tomar consciência da importância do erro na construção de novos conhecimentos”* (CARVALHO, 2013, p.13).

O ensino pode ser desencadeado por diversas práticas, inúmeras maneiras propícias à realidade da turma, e a do próprio aluno, sem perder de vista que a educação é uma prática social, e, portanto, não está desvinculada da sociedade em que está inserida (TRINDADE; JESUS; SOUZA, 2020).

Para que as atividades investigativas sejam efetivas, é importante que os alunos sejam estimulados a formular hipóteses e a realizar experimentos. Segundo Lopes e Ribeiro (2018), o processo de investigação deve ser guiado pelo professor, que deve orientar os alunos a observar, registrar e interpretar os dados coletados.

Além de tornar o aprendizado mais interessante, as atividades práticas e investigativas também ajudam a desenvolver habilidades importantes, como pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe. Ao trabalhar em grupos para realizar experimentos, os alunos aprendem a colaborar e a comunicar suas ideias de forma eficaz, habilidades essenciais para o sucesso acadêmico e profissional.

Dessa forma, o uso de atividades investigativas no ensino de física no ensino médio pode ser uma estratégia pedagógica eficaz, capaz de proporcionar uma aprendizagem mais

significativa e engajadora. Cabe ao professor planejar e desenvolver atividades adequadas, capazes de despertar a curiosidade e o interesse dos alunos pelo estudo da física.

Silva et al. (2013, p. 11) destaca que *“o ensino de Ciências pode proporcionar aos alunos muitas indagações e desafios, contudo em algumas ocasiões ele é caracterizado pela dificuldade dos estudantes em relacionarem as teorias aprendidas em sala de aula com o ambiente no qual estão inseridos”*.

Verifica-se a importância do professor deve através de questões, fazer o aluno *“buscar evidências em seus dados, justificativas para suas respostas, fazê-los sistematizar raciocínios”* (CARVALHO, 2013, p. 12).

Segundo Silva et al. (2018), as atividades práticas também possibilitam o desenvolvimento de habilidades como observação, análise e interpretação de dados. Essas habilidades são importantes para a formação do pensamento científico e para a atuação em futuras profissões relacionadas às ciências.

O ensino por investigação é de suma importância uma vez que *“trabalha atividades que estimulam a criatividade dos alunos, o interesse pela descoberta, pela participação em grupo, onde eles possam atuar na resolução de determinado problema ou discussão”* (SILVA et al., 2018, p. 04).

Além disso, do que se trata do ensino por investigação, é de conhecimento que *“o ensino por investigação é uma ótima estratégia, pela qual o docente pode diferenciar suas aulas, proporcionando subsídios para o estudante construir seu próprio conhecimento”* (SILVA et al., 2018, p. 08).

Outro aspecto importante a ser considerado é a avaliação das atividades práticas. De acordo com Figueiredo e Silva (2018, p. 10), *“a avaliação das atividades práticas deve ser integrada ao processo de ensino e aprendizagem e deve ser baseada em critérios claros e objetivos”*. Além disso, a avaliação deve levar em consideração tanto o processo de realização das atividades quanto os resultados obtidos pelos alunos.

Ainda segundo Pereira et al. (2019, p. 12), as atividades práticas e investigativas *“são capazes de proporcionar um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e interativo, no qual os alunos são incentivados a tomar iniciativa, a questionar e a buscar soluções para os problemas propostos”*.

É importante ressaltar que as atividades práticas e investigativas devem ser planejadas de forma cuidadosa e adequadas aos objetivos de aprendizagem propostos. Como destacado por Araújo e Souza (2021, p. 10), *“é fundamental que essas atividades sejam pensadas de maneira a estimular a curiosidade dos alunos, a promover a investigação e a reflexão, e a*

*contribuir para a construção do conhecimento de forma crítica e reflexiva”.*

No entanto, é importante ressaltar que as atividades práticas não devem ser utilizadas isoladamente no ensino da Física. De acordo com Amaral et al. (2020, p. 19), *“as atividades práticas devem ser integradas ao contexto geral do ensino da Física, como uma parte do processo de ensino e aprendizagem”*. Isso significa que as atividades práticas devem ser planejadas em conjunto com outras estratégias de ensino, como aulas expositivas, discussões em grupo e atividades de pesquisa.

De acordo com Alves e Santos (2018, p. 12), as atividades práticas e investigativas também são importantes para a motivação dos alunos em relação ao aprendizado da Física. Ao participar de atividades que envolvem experimentação e investigação, os alunos tendem a se sentir mais envolvidos e interessados no assunto.

É importante ressaltar que as atividades práticas e investigativas devem ser planejadas de forma adequada aos objetivos de aprendizagem propostos. Como destacado por Oliveira et al. (2019, p. 10), *“as atividades práticas devem ser cuidadosamente elaboradas, para que os alunos possam aprender os conceitos de forma significativa e sejam incentivados a buscar novas informações e a refletir sobre os resultados obtidos”*.

*“O objetivo das atividades investigativas não é formar cientistas e, sim, fazer com que o aluno tenha um olhar crítico sobre o que está sendo apresentado, e que a aquisição de conhecimento seja o objetivo central de todo o processo”* (OLIVEIRA, 2013, p.11).

Outro destaque do ensino por investigação é que *“nas aulas norteadas pelo ensino investigativo o docente e o educando estão interagindo nas discussões que aparecer diante de um problema alçado em sala”* (SILVA et al., 2018, p. 23).

As atividades práticas e investigativas também podem ser facilmente adaptadas para atender às necessidades e interesses dos alunos. Por exemplo, os estudantes podem escolher tópicos específicos para investigar ou projetar experimentos com base em seus próprios interesses e curiosidades. Isso torna o aprendizado mais significativo e relevante para os alunos, aumentando sua motivação e engajamento com a disciplina.

Para a realização das atividades práticas, é necessário que os professores estejam bem preparados e capacitados. Segundo Santos et al. (2020, p. 08), *“os professores precisam estar atualizados em relação às metodologias de ensino e às tecnologias disponíveis para o ensino da Física, a fim de planejar atividades práticas mais adequadas aos objetivos de aprendizagem”*.

É importante destacar que a utilização de atividades práticas e investigativas no ensino da Física de Ensino Médio pode contribuir para uma formação mais completa e integral dos

alunos, preparando-os para futuros desafios acadêmicos e profissionais. Conforme afirmado por Alves e Santos (2018, p. 12), “a utilização de atividades práticas pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa e para o desenvolvimento de competências e habilidades essenciais para a vida”.

No entanto, é importante notar que as atividades práticas e investigativas devem ser cuidadosamente planejadas e supervisionadas para garantir a segurança dos alunos e a eficácia do aprendizado. Os professores devem ter acesso a recursos e materiais adequados e estar preparados para lidar com situações imprevistas que possam surgir durante as atividades.

Em resumo, as atividades práticas e investigativas são uma abordagem eficaz e envolvente para o ensino da física, permitindo que os alunos experimentem conceitos de física em primeira mão e desenvolvam habilidades importantes. Quando planejadas e supervisionadas adequadamente, essas atividades podem tornar o aprendizado da física mais interessante, personalizado e significativo para os alunos.

### **2.1.3 O Uso de Mapas Conceituais como Ferramenta Pedagógica**

O principal ponto da teoria de Ausubel (1918-2008) é sobre aprender de maneira significativa. É uma ideia do cognitivismo que reconhece a importância do que já sabemos para assimilar novos conceitos em qualquer matéria que estudamos. Para aprender, precisamos organizar e juntar o novo conhecimento ao que já temos em nossa cabeça (PELIZZARI et al., 2002). Segundo os mesmos autores, aprender significa "ampliar" o que já sabemos, incorporando novas ideias. Dependendo de como as novas ideias se relacionam com o que já sabemos, podemos aprender de forma automática ou de forma significativa, que é mais profunda e útil.

A aprendizagem significativa acontece quando a nova informação se conecta a algo importante que já sabemos. É como se a nova informação "conversasse" com o que já temos em nossa cabeça. Essa ideia de conexão é chamada de subsunção, que é um conhecimento prévio que já está dentro da nossa cabeça. Ausubel (1982) diz que:

Nós damos sentido a uma informação nova quando ela se conecta com o que já sabemos. Claro, também é importante que a gente esteja aberto e disposto a construir esse sentido. A teoria da aprendizagem significativa se baseia no princípio de que guardamos informações ao organizá-las em conceitos e suas relações, começando pelos conceitos mais gerais até os mais específicos (KAFFER; MARCHI, 2016, p. 546).

Quando aprendemos de forma significativa, nos sentimos bem e temos vontade de aprender mais coisas novas. Por outro lado, a aprendizagem mecânica ou de decorar é usada geralmente quando estamos nos preparando para provas escolares. Só que esse tipo de aprendizagem pode ser chato, cansativo e nos deixa desanimados, como se fôssemos apenas "recebedores" de informação. Ausubel (1980, 2003) sugere que a aprendizagem mecânica seja usada quando não temos nenhum conhecimento prévio sobre o assunto (TAVARES, 2008).

Então, se queremos aprender de forma significativa, duas coisas são importantes: estar aberto para aprender e ter um material de aprendizagem que seja interessante. Aprender de forma significativa requer estar disposto a aprender e, ao mesmo tempo, nos traz uma experiência emocional positiva (MOREIRA, 1997).

Segundo Ausubel (1980, 2003), na aprendizagem significativa, a nova informação precisa se conectar com o que já sabemos, ou seja, com nossos conhecimentos prévios. É por isso que os subsunçores são importantes, porque são os conhecimentos relevantes que já estão dentro da nossa cabeça. Seguindo essa ideia, só conseguimos entender e assimilar um conceito quando somos capazes de compreendê-lo, explicá-lo com nossas próprias palavras e relacioná-lo com o que já sabemos. Mas se essa conexão não acontece, a aprendizagem se torna mecânica, baseada em decoração e é fácil de esquecer (MOREIRA, 1997, 2000).

De acordo com a teoria de Novak (1981), nós, seres humanos, pensamos, sentimos e agimos. Essas coisas nos ajudam a entender como agimos quando estamos estudando. Qualquer coisa que aconteça na sala de aula é uma forma de trocar informações e sentimentos entre quem está aprendendo e o professor. Por isso, os cinco elementos de Novak são importantes: quem está aprendendo, o professor, o conhecimento, o contexto e a avaliação. Esses cinco pontos são essenciais na teoria de Novak (1981), que diz que qualquer coisa que aconteça na sala de aula é uma forma de trocar informações e sentimentos entre professor e aluno. Se o professor e o aluno tiverem um bom relacionamento, levando em conta o que está sendo ensinado, como estamos aprendendo e onde isso acontece, a avaliação será positiva. Qualquer coisa que aconteça na sala de aula é uma forma de trocar informações e sentimentos entre professor e aluno (Ibidem, 1981).

Novak (1981) fala bastante sobre a aprendizagem significativa e como podemos ajudar nesse tipo de aprendizagem usando duas estratégias: mapas conceituais, que são usados neste trabalho, e a perspectiva epistemológica de Gowin, que é um segundo exemplo, mas não será usado aqui (MOREIRA, 1997).

O mapa conceitual é uma ferramenta que ajuda na aprendizagem e é baseado na ideia



de aprendizagem significativa de David Ausubel. É uma forma de organizar os conceitos de um assunto de maneira esquemática, como uma espécie de mapa do conhecimento. Além disso, o mapa conceitual nos permite ver como os conceitos se relacionam na nossa cabeça, sendo muito útil para saber o que já sabemos antes de aprender algo novo (AUSUBEL, 2003). Leão, Rehfeldt e Marchi também dizem que:

Entende-se como mapa conceitual o esquema gráfico para representar a estrutura básica de partes do conhecimento sistematizado que se objetiva construir. Este pode ser entendido como uma rede de conceitos e proposições relevantes de determinado conhecimento. A seleção dos conceitos e proposições relevantes, bem como a composição e organização dos mapas conceituais, obedecem aos critérios da teoria de Ausubel (AUSUBEL, 2003, apud LEÃO; REHFELDT; MARCHI, 2013, p. 197).

Um mapa conceitual é um esquema gráfico que mostra a estrutura básica de um conhecimento que estamos construindo. Podemos pensar nele como uma rede de conceitos e ideias importantes sobre determinado assunto. A escolha dos conceitos e ideias, assim como a forma como organizamos o mapa conceitual, seguem os critérios da teoria de Ausubel (AUSUBEL, 2003, citado por LEÃO; REHFELDT; MARCHI, 2013, p. 197). Ao construir mapas conceituais, estamos representando as relações importantes entre os conceitos usando frases. Uma frase é feita de duas ou mais palavras que se juntam para formar uma ideia (NOVAK; GOWIN, 1988). Os mapas são úteis para descobrirmos nossas ideias erradas ou interpretações que ainda não são aceitas (não necessariamente estão erradas) sobre um conceito. Podemos debater essas ideias na sala de aula.

Segundo Moreira (1997), os mapas conceituais devem ser organizados de forma hierárquica, ou seja, os conceitos mais gerais ficam na parte de cima e os conceitos mais específicos ficam na parte de baixo. Eles também são instrumentos úteis para negociar significados, ou seja, os alunos sempre trazem algo próprio para a negociação. Não somos como uma folha em branco que o professor deve preencher.

## **2.2 O ENSINO DE FÍSICA E TEORIAS DA RELATIVIDADE ESPECIAL E GERAL**

O ensino de física é uma área que tem sido alvo de muitas críticas ao longo dos anos, especialmente quando se trata de ensinar conceitos complexos como as teorias da relatividade especial e geral. A física é uma disciplina que tem a capacidade de nos fazer entender como o

mundo funciona e pode ter um impacto significativo em nossas vidas, seja na tecnologia, na medicina ou na engenharia. No entanto, a forma como a física é ensinada pode ser um obstáculo para muitos estudantes, especialmente quando se trata de teorias avançadas como a relatividade.

As teorias da relatividade especial e geral, desenvolvidas por Albert Einstein no início do século XX, são alguns dos conceitos mais complexos da física moderna. A relatividade especial é uma teoria que descreve objetos que se movem próximo a velocidade da luz e suas consequências que afetam a percepção da passagem do tempo e o espaço, enquanto a relatividade geral é uma teoria que descreve como a gravidade é um efeito causada pela curvatura do espaço-tempo pela presença de massa e energia.

Para ensinar esses conceitos de forma eficaz, os professores de física precisam abordá-los de forma clara e simples, mas sem perder a precisão científica. Uma abordagem comum é o uso de analogias, como comparar o espaço-tempo a uma lona esticada e a gravidade a uma bola pesada que deforma a lona. Essas analogias podem ajudar a tornar conceitos abstratos mais concretos e acessíveis aos estudantes.

O ensino de Física é fundamental para o desenvolvimento científico e tecnológico de um país. No entanto, muitos estudantes têm dificuldades em compreender conceitos importantes, como as teorias da relatividade especial e geral. Segundo Caldas e Fonseca (2014), a falta de contextualização e a abordagem mecânica desses conteúdos podem ser algumas das causas dessa dificuldade.

Contudo, o ensino de física ainda enfrenta aspectos muito tradicionais, conteudistas e matemáticos. Existe a necessidade de uma escola inclusiva, onde todos os alunos tenham o direito de aprender no mesmo espaço e sem distinções, para isso é fundamental que a escola se modifique, e que cada aluno possa se apropriar de seu aprendizado para que seja efetivado o seu desenvolvimento intelectual e social.

É de suma importância que a disciplina de física não seja apenas um acumulado de informações e números, mas que seja parte efetiva do cotidiano dos alunos e represente algum tipo de significado para os mesmos.

Para melhorar o ensino de Física, é importante buscar metodologias que estimulem a participação dos estudantes, como a utilização de recursos tecnológicos e atividades práticas. Segundo Cordeiro e Teixeira (2017), a utilização de experimentos e simulações pode ajudar os estudantes a compreender melhor os conceitos de relatividade especial e geral.

Outra estratégia importante é a contextualização dos conteúdos. Segundo Marcondes et al. (2018), é importante relacionar os conceitos da Física com situações cotidianas, a fim de

tornar o aprendizado mais significativo. Por exemplo, a explicação do conceito de dilatação do tempo pode ser feita a partir do exemplo de relógios em diferentes altitudes, como proposto por Silva e Silva (2017).

Outra abordagem eficaz é a utilização de recursos multimídia, como vídeos e animações, para ajudar a visualizar os conceitos abstratos. Esses recursos podem ajudar a tornar a física mais atraente para os estudantes e ajudá-los a entender melhor as teorias da relatividade especial e geral.

Além disso, é importante que os professores estejam atualizados em relação às novas descobertas e teorias da Física. Segundo Carrillo et al. (2015), a compreensão dos conceitos de relatividade geral e a sua relação com a física quântica são importantes para o desenvolvimento de novas tecnologias, como a computação quântica.

Existem hoje na internet diversos *softwares* que podem estar sendo utilizados em sala de aula para o ensino de física, os quais podem ser utilizados para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. No contexto da pandemia, as tecnologias foram de grande utilidade para o ensino.

O uso de softwares no ensino da física no ensino médio tem se tornado cada vez mais comum e necessário, uma vez que é possível proporcionar aos estudantes experiências mais interativas e dinâmicas no aprendizado da disciplina. Segundo Gomes e Horta (2019), a utilização de recursos tecnológicos no ensino pode ajudar os alunos a compreender melhor os conceitos teóricos, além de estimular a criatividade e a curiosidade.

Como afirmado por Moran (2016, p.12) “a internet é uma tecnologia que facilita a motivação dos alunos pela novidade e pelas possibilidades inesgotáveis de pesquisa que oferece. Essa motivação aumenta se o professor proporcionar um clima de confiança, abertura, cordialidade com os alunos”.

O ensino de física pode ser tanto teórico quanto experimental, nele se tem a oportunidade de explorar esses dois meios. Realizar aulas que demonstram na prática todo aquele conteúdo desenvolve no aluno um interesse e a capacidade de pensar, esse processo não se aplica apenas na educação inclusiva, mas de forma geral.

Atualmente existem diversas ferramentas online, uma delas é a *Easy Java Simulations* que pode ser utilizada tanto em computadores como celulares, sendo aprimorada pela Universidade Federal de Santa Catarina.

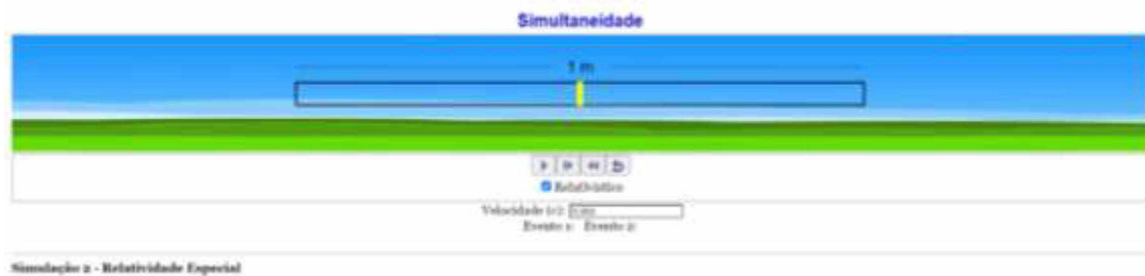
Do que se trata do ensino das teorias da relatividade especial e geral, se tem disponível 3 simulações, sendo simulação sobre os efeitos da dilatação do tempo e da contração do espaço, simulação 2 e 3 sobre a simultaneidade.

Figura 1 - Contração Relativística.



Fonte: Walendowsy (2019).

Figura 2 - Simultaneidade.



Fonte: Walendowsy (2018).



Figura 3 Fonte: Walendowsy (2019).

Dentre os diversos softwares disponíveis, o Simulink, da MathWorks, é um dos mais utilizados para ensinar conceitos de física. Segundo Carvalho e Oliveira (2020), a utilização do Simulink permite que os alunos visualizem de forma mais concreta os conceitos abstratos da física, além de estimular a solução de problemas complexos de forma mais eficiente.

Outro software bastante utilizado no ensino da física é o PhET Interactive Simulations, desenvolvido pela Universidade do Colorado. Segundo Dalcin (2020), o PhET possibilita a criação de experiências virtuais que simulam fenômenos físicos de forma interativa e visualmente atrativa, permitindo que os estudantes compreendam melhor os conceitos teóricos.

Além dos softwares mencionados, há também o VPython, que permite a criação de animações tridimensionais, e o Tracker Video Analysis, que permite a análise de movimentos em vídeos gravados. Segundo Jovanovic e Gnjatovic (2019), a utilização desses softwares pode ajudar os alunos a compreender melhor os conceitos de mecânica, além de estimular a curiosidade e a criatividade.

De acordo com Ruiz e Santos (2019), a utilização de softwares no ensino da física pode tornar as aulas mais dinâmicas e interessantes, estimulando a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem. Além disso, os softwares podem ajudar os estudantes a compreender melhor os conceitos teóricos e a solucionar problemas de forma mais eficiente.

Porém, é importante lembrar que a utilização de softwares deve ser feita de forma consciente e planejada, para que sejam efetivos no processo de ensino e aprendizagem. Como afirma Coelho (2020, p. 21), “o uso de tecnologias no ensino não deve ser visto como uma

solução mágica, mas sim como uma ferramenta que pode ser utilizada para aprimorar o processo de aprendizagem”.

Outro ponto positivo é a possibilidade de simulação de experimentos, permitindo que os alunos visualizem e compreendam melhor fenômenos físicos complexos. Segundo Moraes et al. (2017, p.14), “os softwares permitem aos alunos experimentarem situações que poderiam ser perigosas, caras ou simplesmente impossíveis de serem realizadas na sala de aula”.

No entanto, o ensino de Física também pode ser afetado por questões socioeconômicas e culturais. Segundo Sousa e Silva (2019), a falta de recursos materiais e humanos em escolas públicas pode prejudicar o aprendizado dos estudantes. Além disso, a ausência de referências culturais pode dificultar a compreensão de alguns conceitos.

Além das dificuldades em compreender a teoria da relatividade, o ensino de física em geral também enfrenta outros desafios. Um deles é a falta de recursos adequados para a realização de experimentos e atividades práticas. Muitas escolas e universidades não possuem laboratórios bem equipados, o que dificulta o aprendizado dos estudantes e a realização de pesquisas pelos professores.

Além disso, é importante que os professores estejam capacitados para utilizar os softwares de forma eficiente. Segundo Oliveira e Paiva (2021), a capacitação dos professores é fundamental para que possam utilizar os softwares de forma adequada, selecionando os recursos mais adequados para cada situação e estimulando a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem.

Para lidar com esses desafios, é importante que os professores estejam preparados para lidar com a diversidade cultural e social dos seus alunos. Segundo Ferraz et al. (2016), é importante que os professores sejam capazes de identificar as dificuldades dos estudantes e propor atividades que atendam às suas necessidades.

Além disso, é importante que o ensino de Física seja feito de forma interdisciplinar, relacionando os conceitos da Física com outras disciplinas. Segundo Bernardes et al. (2018), a interdisciplinaridade pode contribuir para a compreensão dos conceitos de relatividade geral e especial, especialmente em relação à sua relação com a Matemática.

É importante que os estudantes sejam incentivados a desenvolver uma postura crítica em relação aos conteúdos de Física. Segundo Molina e Meneses (2015), a compreensão dos conceitos de relatividade geral e especial pode contribuir para a formação de cidadãos críticos e participativos na sociedade.

Portanto, é evidente que o uso de softwares no ensino da física no ensino médio pode

trazer muitos benefícios aos estudantes, desde que seja utilizado de forma consciente e planejada. Como afirma Galiazzi et al. (2018, p. 11), “a utilização de softwares no ensino da física pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de habilidades e competências dos alunos, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmica e interessante”.

Além disso, os softwares educacionais também podem ser uma ferramenta útil para a preparação dos alunos para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). De acordo com Almeida et al. (2018, p. 08), “o uso de softwares educacionais na preparação para o ENEM pode contribuir para a melhoria do desempenho dos alunos, uma vez que permite que eles pratiquem e se familiarizem com questões que podem ser abordadas na prova”.

No entanto, é importante ressaltar que o uso de softwares educacionais não deve ser visto como uma solução única para os desafios do ensino de física. Como apontam Almeida et al. (2018, p. 10), “o uso de softwares educacionais deve ser integrado ao planejamento de ensino, tendo em vista que a utilização de recursos tecnológicos não é suficiente para garantir a aprendizagem”.

É necessário que os professores enfatizem a importância das teorias da relatividade em nossa compreensão do universo. As teorias da relatividade são a base da física moderna e nos permitiram fazer avanços significativos na tecnologia, como o GPS, que usa a relatividade especial para garantir a precisão de suas medições.

No entanto, apesar de todos esses recursos, muitos estudantes ainda acham difícil entender as teorias da relatividade. Isso pode ser devido a uma variedade de fatores, incluindo a falta de preparação matemática adequada, a falta de motivação e a falta de conexão com o assunto.

Além disso, é importante que os professores sejam capazes de avaliar o aprendizado dos estudantes de forma adequada. Segundo Luz e Leal (2019), a utilização de avaliações que estimulem o raciocínio dos estudantes, em vez de apenas testar a memorização de fórmulas, pode contribuir para um aprendizado mais significativo.

É importante ressaltar a importância da formação dos professores em relação aos conteúdos de Física e das teorias da relatividade especial e geral. Segundo Hoss e Pereira (2017), a formação continuada dos professores pode contribuir para a melhoria do ensino de Física, por meio do aprimoramento das práticas pedagógicas e da atualização dos conhecimentos em relação às novas descobertas e teorias da Física.

Para ajudar a superar esses obstáculos, é importante que os professores de física tenham um entendimento sólido das teorias da relatividade e sejam capazes de comunicar

esses conceitos de forma clara e concisa. Eles também precisam ser capazes de identificar e abordar as lacunas no conhecimento dos estudantes e motivá-los a se engajar no assunto.

Além disso, é importante que os professores de física incentivem os estudantes a explorar o assunto de forma independente, através de leitura adicional, participação em grupos de estudo e discussões com colegas. Isso pode ajudar a consolidar o conhecimento adquirido em sala de aula e a incentivar a curiosidade científica.

Além disso, muitas vezes a física é ensinada de forma isolada, sem conexão com outras disciplinas ou aplicações do mundo real. Isso pode tornar a física menos interessante e relevante para os alunos, especialmente aqueles que não pretendem seguir carreira na área.

Para tornar o ensino de física mais inclusivo e interessante, é importante abordar as lacunas existentes e incorporar diferentes perspectivas e aplicações em sala de aula. Isso pode incluir a integração da física com outras disciplinas, como biologia, química e engenharia, para mostrar como a física é relevante em diferentes áreas da ciência e da tecnologia.

Outra forma de tornar o ensino de física mais inclusivo e diverso é incorporar mais vozes e perspectivas diversas em sala de aula. Isso pode incluir a inclusão de palestrantes convidados de diferentes origens, bem como a escolha de materiais didáticos que incluam exemplos e contribuições de pessoas de diferentes origens e culturas.

O ensino de Física e das teorias da relatividade especial e geral é fundamental para o desenvolvimento científico e tecnológico de um país. Para que esse ensino seja efetivo, é importante buscar metodologias que estimulem a participação dos estudantes, a contextualização dos conteúdos, a atualização dos professores, a consideração das questões socioeconômicas e culturais, a interdisciplinaridade e o incentivo à postura crítica dos estudantes. Além disso, é importante que os professores estejam abertos a novas abordagens, saibam avaliar o aprendizado dos estudantes de forma adequada e sejam continuamente formados em relação aos conteúdos de Física e das teorias da relatividade especial e geral.

### **2.2.1 Espaços diferenciados de aprendizagem**

No contexto da sociedade moderna e, portanto, no da educação, que é parte integrante da sociedade, as funções e os benefícios que esta pode e deve proporcionar são constantemente revistos. O sucesso educacional não se limita apenas ao desempenho dos aprendizes, mas também à experiência positiva, pois esta resulta do processo de aprendizagem.



A física é uma disciplina que pode ser bastante desafiadora para muitos estudantes, exigindo habilidades matemáticas avançadas e um entendimento profundo de conceitos abstratos. Para tornar o aprendizado da física mais envolvente e eficaz, muitas escolas estão adotando espaços diferenciados de aprendizagem, que permitem que os alunos experimentem conceitos de física de forma prática e interativa.

Os espaços diferenciados de aprendizagem podem ser definidos como ambientes físicos ou virtuais que são projetados especificamente para apoiar o processo de aprendizagem dos alunos. Esses espaços podem ser adaptados para atender às necessidades e interesses dos alunos e podem incluir recursos tecnológicos, materiais de laboratório, espaços de colaboração e outras ferramentas que permitem que os alunos experimentem conceitos de física de maneira prática e tangível.

De acordo com Nordine (2015), os espaços diferenciados de aprendizagem são projetados para oferecer uma experiência de aprendizagem prática e interativa aos alunos, permitindo que eles experimentem conceitos de física de forma tangível e significativa.

Trindade, Jesus e Souza (2020, p. 27) afirmam que “o uso de jogos e simuladores é considerado uma ferramenta eficaz para o aprendizado de diversas disciplinas, especialmente na área de exatas, e podem ser utilizados de diversas formas e maneiras, com uma variedade de propósitos”.

*“Os espaços diferenciados de aprendizagem oferecem oportunidades para os alunos adquirirem conhecimentos práticos e habilidades necessárias em sua formação, tornando o processo de ensino mais efetivo e eficiente”* (MORAES, 2018, p.06).

Atualmente no ensino das disciplinas escolares, se tem a necessidade de construção e desenvolvimento de técnicas inovadoras a fim de se estimular melhor o pensamento, Pontes (2017, p. 26) afirma que “a base desta construção fundamenta-se em quatro pilares (R-C-D-A): Raciocínio Lógico, Criatividade, Disposição e Vontade de Aprender”.

Motivar os alunos a serem ativos deve ser a principal tarefa do professor. Uma vez que o professor foi bem sucedido nisto, o processo cognitivo construtivista dos alunos foi iniciado, os alunos irão começar a criar suas próprias imagens e construir sua própria estrutura de conhecimentos.

Ao oferecer aos alunos uma experiência prática e tangível, os espaços diferenciados de aprendizagem podem tornar o aprendizado mais envolvente e eficaz, permitindo que os alunos experimentem conceitos de física de forma concreta e significativa. Além disso, esses espaços podem ser adaptados para atender às necessidades e interesses dos alunos, proporcionando um ambiente de aprendizagem personalizado.

*“Os espaços diferenciados de aprendizagem são essenciais para a educação do século XXI, pois permitem que os alunos tenham experiências práticas, trabalhem em equipe e desenvolvam habilidades tecnológicas”* (MOTTA, 2019, p. 22).

*“A criança e mesmo o jovem opõem-se à resistência à escola e ao ensino, porque acima de tudo ela não é lúdica, não é prazerosa”* (SILVIO; VALÉRIO; EVANGELISTA, 2021).

Quando a criança utiliza o processo lúdico para crescer e interage com ele por meio de objetos ou baseando-se em circunstâncias previamente vivenciadas, assume um papel ativo e criativo, demonstrando assim os benefícios dessa experiência única para o seu desenvolvimento.

É necessário destacar que “os espaços diferenciados de aprendizagem devem ser projetados levando em consideração as necessidades e interesses dos alunos, criando um ambiente dinâmico e colaborativo que estimule a curiosidade e a criatividade” (RODRIGUES, 2020, p. 07).

*“Com a utilização de atividades lúdicas, que primam pelo brincar e pelo jogar, o educando é estimulado a agir e pensar em um universo cognitivo, estando livre para determinar suas próprias atitudes e ações”* (TRINDADE; JESUS; SOUZA, 2020, p. 09).

Segundo Mazur (2017), o laboratório de física é um ambiente ideal para a experimentação prática de conceitos de física, permitindo que os alunos apliquem o conhecimento adquirido em sala de aula para resolver problemas reais.

Os laboratórios de ciências, por exemplo, permitem que os alunos realizem experimentos e observem resultados reais, aplicando os conceitos aprendidos em sala de aula para resolver problemas reais. As plataformas virtuais de aprendizagem, como a Khan Academy e o MIT OpenCourseWare, oferecem recursos de aprendizagem on-line gratuitos que permitem aos alunos experimentarem conceitos de física de forma interativa e envolvente, mesmo que não tenham acesso a um laboratório de física.

De acordo com Czernski (2020), as visitas a museus de ciência oferecem aos alunos a oportunidade de experimentar conceitos de física em um ambiente amplo e expansivo, permitindo que eles explorem e imaginem de maneiras que podem não ser possíveis em um ambiente de sala de aula tradicional.

Além disso, os espaços diferenciados de aprendizagem também podem ser criados dentro da própria sala de aula, através da criação de áreas de trabalho colaborativo, onde os alunos podem trabalhar juntos em projetos e experimentos relacionados à física. Essa abordagem permite que os alunos se apoiem mutuamente e troquem ideias, aumentando sua

compreensão dos conceitos de física.

Pritchard (2018) sugere que a criação de áreas de trabalho colaborativo dentro da sala de aula pode ser uma maneira eficaz de promover a experimentação prática e a troca de ideias entre os alunos, o que pode levar a uma compreensão mais profunda dos conceitos de física.

Para Santos (2017), os espaços diferenciados de aprendizagem são importantes para a promoção da inclusão e da diversidade na educação, permitindo que alunos com diferentes habilidades e interesses encontrem formas de se engajar e aprender de maneira mais eficaz.

Além disso, a inclusão é um tema importante que pode ser abordado nesses espaços. A criação de ambientes de aprendizagem que considerem a diversidade dos estudantes pode contribuir para uma educação mais inclusiva, que valorize as diferentes formas de aprendizagem e promova a participação de todos.

Além disso, a inclusão também pode ser alcançada por meio da utilização de tecnologias e equipamentos acessíveis, como a utilização de softwares e aplicativos educativos, além de recursos audiovisuais e materiais adaptados para estudantes com deficiências físicas ou visuais. É importante que os professores estejam preparados para identificar as necessidades de cada aluno e adaptar o ambiente e o conteúdo de acordo com suas necessidades.

Outra estratégia que pode ser adotada é a utilização de atividades colaborativas, que incentivam a participação e interação entre os alunos. Isso pode ser alcançado por meio da criação de grupos de estudo, onde os estudantes podem compartilhar idéias, discutir problemas e se ajudar mutuamente.

Em suma, a criação de espaços diferenciados de aprendizagem no ensino da física é uma abordagem que pode trazer inúmeros benefícios para os alunos, principalmente no que se refere à inclusão. Ao adotar essa abordagem, os professores podem proporcionar uma educação mais diversificada e inclusiva, onde cada aluno tem a oportunidade de aprender e se desenvolver de acordo com suas necessidades e habilidades.

*“Os espaços diferenciados de aprendizagem são um recurso fundamental para o ensino de física, permitindo que os alunos experimentem conceitos teóricos de forma prática e tangível”* (MOREIRA, 2017, p. 09).

Por exemplo, um laboratório de Física pode ser adaptado para que estudantes com deficiência visual ou auditiva possam participar ativamente das atividades. O uso de recursos como maquetes táteis ou a disponibilização de legendas ou traduções em tempo real podem ajudar a promover a inclusão.

### 3 ITINERÁRIO METODOLÓGICO DA PESQUISA

No presente capítulo, será desc a abordagem metodológica utilizada na elaboração da presente pesquisa, incluindo detalhes sobre os participantes, a descrição de suas características, bem como os instrumentos utilizados para coletar e analisar os dados da pesquisa.

A pesquisa é uma atividade fundamental na produção do conhecimento científico e acadêmico. Segundo Gil (2017, p. 25)

[...] a pesquisa é um procedimento formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. É uma atividade voltada para a busca de respostas a problemas propostos, mediante a aplicação de procedimentos científicos.

Ao definir pesquisa, Marconi e Lakatos (2017, p. 35) destacam que "pesquisar significa, de forma geral, procurar respostas para indagações propostas". Os autores ressaltam ainda que a pesquisa é um processo que envolve a aplicação de métodos e técnicas específicas, com o objetivo de produzir conhecimento novo ou confirmar conhecimentos já existentes.

Para Fonseca (2018, p. 42), a pesquisa é:

[...] um processo de busca de informações, cujo objetivo é responder a questionamentos e solucionar problemas mediante a aplicação de métodos e técnicas científicas"

O autor também destaca que a pesquisa é um procedimento rigoroso, que envolve a utilização de critérios científicos na seleção, organização e análise dos dados. No contexto acadêmico, a pesquisa é uma atividade que pode ser realizada em diversas áreas do conhecimento, como ciências sociais, ciências exatas, ciências da saúde, entre outras. Segundo Demo (2018):

A pesquisa acadêmica é ação indispensável na geração de conhecimentos e, assim, ocorre em todas as áreas do conhecimento, como condição para aprimorar o próprio conhecimento". (Demo 2018, p. 56)

A definição de pesquisa pode variar de acordo com a abordagem teórica adotada e a natureza do estudo. No entanto, em geral, a pesquisa é entendida como um processo

sistemático de busca de conhecimento, que envolve a utilização de métodos e técnicas científicas, com o objetivo de responder a questionamentos e solucionar problemas.

Nesse sentido, no trabalho, a motivação para a realização da pesquisa foi decorrente das dúvidas e desafios enfrentados em ambiente escolar, uma vez que os estudantes manifestavam dificuldades em assimilar e compreender os conceitos de física.

### **3.1 Caracterização da pesquisa**

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, que se baseia em descrições e observações em vez de medições numéricas. A pesquisa qualitativa desempenha um papel fundamental no campo das ciências sociais, permitindo uma compreensão mais profunda e rica dos fenômenos sociais e humanos. Como afirmou Creswell (2013):

A pesquisa qualitativa é uma abordagem interpretativa e naturalista para estudar o comportamento humano e social dentro do contexto em que ele ocorre (Creswell 2013, p. 4)

A pesquisa qualitativa é uma abordagem valiosa e fundamental para a investigação científica, pois permite uma compreensão mais profunda e rica de fenômenos complexos e multifacetados. Como afirmou Creswell (2013):

A pesquisa qualitativa é um tipo de pesquisa que busca entender a natureza e a qualidade das experiências humanas, dos comportamentos, das interações sociais e dos significados atribuídos a eles (Creswell 2013, p. 3):

Essa citação direta de Creswell destaca que a pesquisa qualitativa é uma abordagem que se concentra em compreender as nuances e os significados subjacentes ao comportamento humano e às interações sociais.

A pesquisa qualitativa é uma abordagem metodológica amplamente utilizada em estudos acadêmicos no Brasil, sendo reconhecida por sua relevância na compreensão das complexidades do comportamento humano, das relações sociais e dos fenômenos culturais. Diversos autores brasileiros têm destacado a importância da pesquisa qualitativa em suas obras. Uma citação direta que ilustra a importância da pesquisa qualitativa é a de Minayo (2017), que afirma:

A pesquisa qualitativa possibilita a investigação aprofundada de fenômenos complexos e multifacetados, permitindo a compreensão dos significados atribuídos pelos sujeitos e a análise das nuances das experiências humana. (Minayo 2017, p.48)

Essa citação evidencia a capacidade da pesquisa qualitativa de explorar detalhadamente os fenômenos estudados, considerando a subjetividade e a complexidade das experiências humanas.

Outro autor que ressalta a importância da pesquisa qualitativa é Bogdan (2020), que destaca que essa abordagem metodológica permite a exploração dos fenômenos sociais e humanos em sua complexidade, considerando as múltiplas perspectivas dos sujeitos envolvidos. O autor enfatiza que a pesquisa qualitativa possibilita a compreensão aprofundada das experiências, vivências e significados atribuídos pelos sujeitos aos fenômenos estudados, contribuindo para a construção de conhecimento rico e contextualizado. Além disso, Gomes (2017) ressalta que a pesquisa qualitativa é uma abordagem metodológica que permite a compreensão dos fenômenos sociais e humanos em sua dinamicidade, considerando as particularidades dos contextos em que ocorrem. O autor destaca que a pesquisa qualitativa possibilita a coleta de dados ricos em detalhes e informações contextualizadas, permitindo a análise aprofundada e a interpretação dos fenômenos estudados, contribuindo para a construção de teorias e conhecimentos mais robustos.

Em síntese, a pesquisa qualitativa é uma abordagem metodológica valorizada por diversos autores, sendo reconhecida por sua capacidade de investigação detalhada, compreensão contextualizada, valorização da subjetividade e contribuição para a construção de conhecimento enriquecedor e robusto.

### **3.2 Local e Sujeitos envolvidos na Pesquisa**

O trabalho foi desenvolvido em uma Escola Estadual do município de Bonito de Santa Fé, localizada no Estado da Paraíba e tem aproximadamente 402 alunos. O consentimento dos pais dos estudantes e dos estudantes maiores de idade para a participação na pesquisa foi obtido por meio da assinatura do Termo de Consentimento e Assentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e (TALE), conforme consta nos anexos A e B.

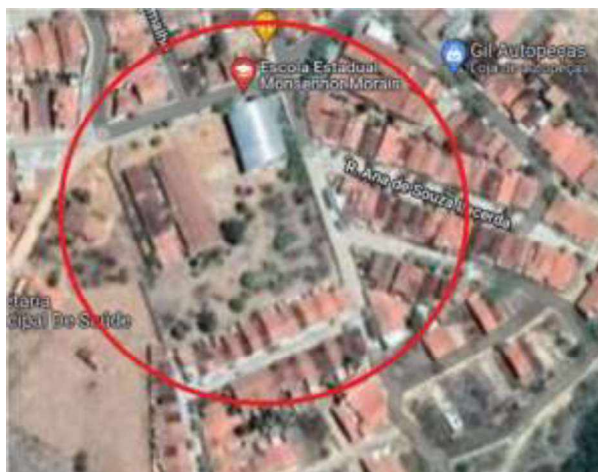


Figura 4: Disponível em : <https://www.google.com/maps/search/Monsenhor+morais+bonito+de+santa+fe/@-7.3170439,-38.515729,466m/data=!3m1!1e3>. Acesso em: 22/04/2023



Figura 5: Fachada Principal do Colégio. Fonte: Arquivo do autor. Foto: Ênio Queiroz de Araújo, 2023

A instituição de ensino encontra-se situada em um bairro que apresenta baixo índice de ocorrências de violência, roubos ou furtos, sendo registrados poucos casos desses delitos no âmbito escolar. O Colégio ECIT Monsenhor Morais oferece exclusivamente o ensino médio, abrangendo do 1º ao 3º ano, além de também disponibilizar a modalidade de Educação para Jovens e Adultos (EJA). Conforme os dados do Censo/2022<sup>2</sup>, a escola apresenta as seguintes

<sup>2</sup> Censo escolar 2022 da escola Estadual ECIT Monsenhor Morais. Disponível em: <https://www.escol.as/81033-monsenhor-morais> . Acesso em: 24 abr. 2023

condições:

**Infraestrutura:**

- Alimentação escolar para os alunos
- Água filtrada
- Água da rede pública
- Energia da rede pública
- Esgoto da rede pública
- Lixo destinado à coleta periódica
- Acesso à Internet
- Banda larga

**Instalação de ensino:**

- 12 salas de aulas
- Sala de diretoria
- Sala de professores
- Laboratório de informática
- Quadra de esportes coberta
- Cozinha
- Biblioteca
- Banheiro adequado à alunos com deficiência ou mobilidade reduzida
- Sala de secretaria
- Despensa
- Almoxarifado
- Pátio coberto

**Equipamentos:**

- TV
- DVD
- Aparelho de som
- Datashow



**Turmas:**

- 1º Ano do ensino médio
- 2º Ano do ensino médio
- 3º Ano do ensino médio
- EJA- Ensino médio

**Grade curricular das turmas do 1º, 2º e 3º Anos:**

- Inglês
- Espanhol
- Artes (Educação Artística, Teatro, Dança, Música, Artes Plásticas e outras)
- Filosofia
- Estudos Sociais ou Sociologia
- Educação Física
- Matemática
- Português/Literatura
- História
- Geografia
- Biologia
- Física
- Química

Ao realizar uma análise geral da instituição educacional, é possível constatar que a mesma apresenta uma estrutura satisfatória. Os laboratórios de ensino estão devidamente equipados, assim como os laboratórios de informática. As salas de aula possuem uma configuração adequada, com mobiliário composto por mesas e carteiras, iluminação adequada e espaços amplos. Além disso, a escola possui uma quadra de esportes e pátios externos espaçoso.

Os participantes da pesquisa são estudantes do 3º ano do Ensino Médio, pertencentes a uma turma matutina composta por cerca de 32 alunos, provenientes de diferentes bairros da cidade. A escolha dessa turma foi motivada pelas inquietações e problemas enfrentados em sala de aula, visto que os estudantes apresentam dificuldades na assimilação e compreensão dos conceitos de física. Além disso, os conteúdos desenvolvidos no projeto estão inseridos no currículo do componente de física do 3º ano, o que também justifica a escolha dessa turma

para a realização da pesquisa.

Durante o período de pesquisa nas aulas de física do 3º ano do ensino médio, constatou-se que as mesmas ocorriam na sala VI do colégio, onde os alunos eram acomodados em fileiras. Além disso, a escola dispunha de uma sala de vídeo localizada em um espaço amplo, e recursos audiovisuais, como Datashow e Smart tv, estavam disponíveis aos professores quando necessários.



Figura 6: Sala de aula do 3º ano. Fonte: Arquivo autor. Foto: Ênio Queiroz

Durante o período da pesquisa, foi observado que a escola possuía uma biblioteca de tamanho modesto, porém adequada às necessidades dos alunos, embora a quantidade de livros disponíveis para pesquisa fosse limitada. O colégio contava com um laboratório de informática que estava disponível para uso dos alunos e professores como uma fonte adicional de pesquisa em relação aos conteúdos abordados em sala de aula. A cantina da escola apresentava uma estrutura satisfatória, com uma variedade de opções de cardápio e boas condições de higiene na preparação dos alimentos pela equipe de merendeiras na cozinha. Em relação aos banheiros, percebeu-se que eram espaçosos e de fácil acesso para todos os alunos. No entanto, a conservação das portas, tetos e paredes dos banheiros era precária, assim como a higiene, que estava em condições inadequadas. Apesar disso, a limpeza dos banheiros era realizada regularmente pelos funcionários da escola.

No que tange à quantidade de professores, matrículas no ensino médio regular, Educação de Jovens e Adultos (EJA) e Educação Especial, apresentamos os dados obtidos a partir do Censo Escolar realizado anualmente em todo o território brasileiro. Este levantamento coleta informações sobre diversos aspectos das escolas do país, com foco especial nas matrículas e infraestrutura.



Figura 7: Disponível em: <https://www.escol.as/81033-monsenhor-morais> . Acesso em: 24 abr. 2023

### 3.3 Procedimentos para coleta e análise de dados

A utilização do estudo de caso foi selecionada como a metodologia para o procedimento de coleta de dados nesta pesquisa. Essa escolha foi fundamentada na necessidade de compreender em detalhes um caso específico ou contexto particular, a fim de explorar as complexidades e particularidades do fenômeno em estudo. A utilização do estudo de caso como metodologia de pesquisa é um tema relevante na produção acadêmica. Diversos

autores têm contribuído com reflexões sobre as técnicas e os instrumentos utilizados para a coleta de dados nessa abordagem.

Em suas obras, Gil (2010) destaca a importância de se utilizar múltiplas técnicas de coleta de dados em estudos de caso, como entrevistas, observações, análise de documentos, registros e questionários, de forma a obter uma compreensão abrangente do fenômeno em estudo. O autor ressalta a importância de planejar cuidadosamente a coleta de dados, considerando a confiabilidade e validade dos resultados obtidos.

Outro autor brasileiro de referência na área, Triviños (2015), ressalta a importância de se considerar a triangulação de dados na coleta de dados em estudos de caso. Ele destaca a necessidade de utilizar diferentes técnicas e fontes de informação para fortalecer a confiabilidade e a validade dos achados, tais como entrevistas, observações, análise de documentos, registros e históricos.

Já Lüdke e André (2013) destacam a importância de se utilizar uma abordagem qualitativa na coleta de dados em estudos de caso, ressaltando que essa abordagem permite uma compreensão mais profunda dos contextos e das nuances do fenômeno estudado. Os autores enfatizam a importância de se considerar o contexto e a subjetividade dos participantes na coleta de dados, utilizando técnicas como entrevistas em profundidade, observações participantes e análise de documentos.

Além desses autores, outros pesquisadores têm contribuído com suas reflexões sobre as técnicas e os instrumentos de coleta de dados em estudos de caso, como Minayo (2014), e Bogdan e Biklen (1994).

Dessa forma, é fundamental considerar as técnicas e os instrumentos de coleta de dados ao utilizar o estudo de caso como metodologia de pesquisa, garantindo a qualidade e a confiabilidade dos resultados obtidos. A utilização de múltiplos métodos e a triangulação de dados são práticas recomendadas por diversos autores para fortalecer a robustez dos achados em estudos de caso.

Neste estudo, foram utilizados distintos instrumentos para a coleta de dados, entre os quais se destaca um questionário inicial que abordou aspectos do perfil dos estudantes, a questões relacionadas as Teorias da Relatividade e atividades experimentais, bem como a compreensão e familiaridade com as tecnologias empregadas no ensino. O referido questionário encontra-se disponível no anexo A do presente trabalho.

A utilização de questionários como uma forma eficaz e econômica de coletar dados de pesquisa é amplamente reconhecida na literatura científica brasileira. Diversos autores têm destacado a utilidade e vantagens dessa metodologia. Por exemplo, em seu livro "Como

elaborar um projeto de pesquisa" (2018), Gil ressalta que questionários são ferramentas práticas e de baixo custo para obter informações de uma amostra grande de participantes. Ele destaca ainda que os questionários permitem a coleta de dados de forma rápida e eficiente, sem a necessidade de treinamento específico para sua aplicação.

Outro autor relevante na área, Bicudo, em sua obra "Pesquisa Qualitativa: O Desafio da Interpretação" (2010), também destaca a utilidade dos questionários como uma forma de coletar dados de pesquisa de maneira econômica. Ele ressalta que os questionários são uma opção viável para pesquisadores que buscam coletar informações de um grande número de participantes, sem a necessidade de recursos financeiros significativos ou treinamento específico.

É importante destacar que a escolha e elaboração adequada de questões em um questionário são aspectos fundamentais para garantir a qualidade dos dados obtidos. Além disso, a análise e interpretação dos resultados também são etapas críticas para o rigor científico da pesquisa.

Algumas aulas foram registradas por meio de fotografias, utilizando câmeras de celulares, com o objetivo de facilitar a descrição da conduta e do comprometimento dos alunos. Além dos registros mencionados, também foi empregado um aplicativo gravador, para capturar as vozes dos estudantes durante as discussões ocorridas na sala de aula. Suas falas foram catalogadas por meio de um diário de campo, que serviu para realizar anotações e registros considerados relevantes ao longo do desenvolvimento da pesquisa. O diário de campo foi utilizado como uma ferramenta relevante para a coleta de dados.

A utilização do diário de campo é uma prática relevante em muitas pesquisas científicas, oferecendo percepções valiosas e dados qualitativos que enriquecem a compreensão do fenômeno em estudo. Vários autores destacam a importância dessa técnica de coleta de dados em suas pesquisas. Um exemplo é o trabalho de Monteiro (2012), que investigou a formação de professores e utilizou o diário de campo como uma ferramenta essencial para registrar suas observações sobre as práticas pedagógicas dos professores em formação. O autor ressalta como o diário de campo permitiu um registro detalhado e reflexivo das experiências vivenciadas durante a pesquisa, contribuindo para a análise e interpretação dos dados coletados.

Nesta pesquisa, o diário de campo foi utilizado como uma ferramenta crucial para a coleta de dados, permitindo registrar minuciosamente as observações, reflexões e percepções ao longo do processo de pesquisa. Através do diário de campo, foi possível obter uma compreensão mais aprofundada e rica sobre as atividades investigativas no ensino médio,

especialmente em relação aos conteúdos da teoria da relatividade especial e geral, que possuem conexão com o cotidiano dos alunos. O diário de campo foi uma escolha estratégica para enriquecer a pesquisa com informações detalhadas e reflexões pessoais do pesquisador.

Com o objetivo de avaliar a percepção dos estudantes em relação à proposta pedagógica que envolve atividades investigativas, um questionário final foi conduzida ao final das atividades de intervenção. O detalhamento desse questionário pode ser encontrado no anexo B.

A pesquisa em questão possui objetivos de investigação descritivos, e a análise dos dados foi realizada por meio da técnica da análise de conteúdo, na qual é uma técnica de pesquisa amplamente utilizada para analisar dados qualitativos, como entrevistas, respostas abertas em questionários, textos escritos, entre outros. Essa abordagem envolve a identificação, classificação e interpretação dos elementos do conteúdo analisado, com o objetivo de extrair informações relevantes e compreender os significados subjacentes.

A análise de conteúdo é uma técnica de investigação que tem por finalidade a descrição objetiva, sistemática e qualitativa do conteúdo manifesto da comunicação.”  
(BARDIN, 1977, p.19)

A análise de conteúdo permite uma exploração aprofundada do material coletado, permitindo identificar padrões, temas, relações e tendências nos dados. Ela pode ser realizada de forma indutiva, permitindo que as categorias e temas emergjam diretamente dos dados, ou de forma dedutiva, utilizando categorias predefinidas com base em teorias ou conceitos pré-existentes.

Nesse caso, a técnica de análise de conteúdo foi utilizada para categorizar e interpretar as respostas dos alunos em relação aos documentos utilizados para coletar os dados, como os questionários, discussões em sala de aula, imagens e o diário de campo. Ao aplicar a análise de conteúdo nas respostas dos alunos, foi identificado temas recorrentes, padrões e tendências que surgem nas respostas. Esses temas podem representar diferentes categorias.

Na imagem a seguir, serão apresentadas as etapas que foram executadas para analisar os dados da pesquisa utilizando a técnica de análise de conteúdo discutidas por Bardin (1977).



*Figura 8: Fonte: Bardin (1977)*

A abordagem proposta por Bardin (1977) na análise de conteúdo é amplamente utilizada para a interpretação e categorização de dados textuais na presente pesquisa. Seguindo as diretrizes de Bardin, a análise de conteúdo envolve três etapas principais: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados obtidos. Ao aplicar a pré-análise das discussões, respostas e outros dados coletados na intervenção pedagógica, foi realizada uma leitura cuidadosa do material para adquirir uma compreensão geral dos diferentes tipos de respostas dos estudantes e variações presentes. Essa leitura inicial permitiu identificar palavras-chave que se destacam e chamam a atenção. Por meio dessa etapa foi possível identificar temas relevantes, estabelecer hipóteses iniciais, definir as unidades de análise e desenvolver um entendimento mais profundo dos dados.

A análise de conteúdo também possibilitou a interpretação dos dados, permitindo que inferências e relações com as bases teóricas da pesquisa ou construção de novas interpretações a partir dos dados. Nesse sentido, a análise de conteúdo contribuiu para a compreensão mais ampla do fenômeno em estudo, podendo gerar percepções relevantes para a prática pedagógica ou o desenvolvimento das intervenções educacionais.

A etapa de exploração do material na análise de conteúdo desempenhou um papel fundamental na categorização das respostas dos alunos. Nessa fase, foi examinado minuciosamente as respostas dos estudantes para identificar os elementos significativos das respostas e discussões durante a intervenção. As respostas dos alunos contêm palavras-chave, que se repetem com frequência. Esses elementos podem ser identificados durante a exploração e usados para criar categorias, representando os temas principais abordados pelas respostas e discussão dos estudantes. Por exemplo, durante a exploração das respostas dos

alunos sobre sua motivação para estudar física, foi encontrado repetições de palavras como "professor", "dificuldade", "interesse", "importância" e assim por diante. Esses termos foram usados como base para criar categorias que representam os diferentes fatores de motivação.

A etapa de tratamento dos resultados na análise de conteúdo foi muito importante para interpretar e dar sentido aos dados obtidos a partir das respostas dos alunos. Durante essa fase, houve uma tentativa de relacionar os resultados aos objetivos da pesquisa, identificar padrões, estabelecer relações entre as categorias e fazer inferências ou generalizações com base nas descobertas. O tratamento dos resultados também envolveu a interpretação dos significados subjacentes às respostas e discussões dos alunos. Foi tentando compreender os motivos por trás das respostas e buscar explicações para os padrões observados nos dados coletados durante a intervenção

### 3.4 Descrição das atividades desenvolvidas na intervenção

O estudo foi realizado no primeiro semestre do ano letivo de 2023, com uma turma de estudantes do terceiro ano do ensino médio em uma escola pública em Bonito de Santa Fé-PB. A turma tinha aproximadamente 32 alunos e a intervenção ocorreu nos meses de abril e maio de 2023. Durante seis encontros realizados, com duração de noventa minutos cada. Os planos de aula estão disponíveis no Apêndice C.

#### Atividades previstas nos encontros

*Tabela 01: Fonte: autor, 2023*

<b>1º Encontro</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Avaliação</b>
1º Aula (45 Minutos)	Entregar o TCLE e TALE aos alunos e expor a proposta da pesquisa. Aplicar um questionário de sondagem para conhecer o perfil dos alunos com questões pessoais, sobre a teoria da relatividade	Aula expositiva, dialogada e preenchimento do questionário	Preenchimento do questionário e comprometimento com a pesquisa.



	especial e geral, atividades experimentais e tecnologias no ensino de física.		
2° aula (45 Minutos)	Introduzir os conceitos básicos da teoria da Relatividade Especial através um problema inicial do cotidiano.	- Apresentação de slides e discussão em grupo sobre os conceitos de espaço-tempo, simultaneidade e relatividade de movimento.  - Experimento na quadra esportiva sobre simultaneidade.	Participação ativa em discussões em grupo.
<b>2° Encontro</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Avaliação</b>
1° Aula  2° Aula (90 Minutos)	Simular o experimento de Michelson-Morley por meio de um simulador e vídeos online, para demonstrar que a velocidade da luz é constante em todos os referenciais inerciais.	Demonstração do experimento utilizando materiais disponíveis na escola.	Análise e interpretação dos resultados obtidos.
<b>3° Encontro</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Avaliação</b>
1° Aula  2° Aula	Investigar as consequências da dilatação temporal, contração do espaço e energia relativística na	- Simulação através de um vídeo sobre o paradoxo dos gêmeos.  - Simulação da contração	Discussão em grupo sobre as implicações da dilatação temporal, contração do

(90 Minutos)	Relatividade Especial.	do espaço utilizando um simulador online.  - Realização de um experimento em sala de aula para estudar a energia relativística	espaço e energia relativística na vida cotidiana.
<b>4° Encontro</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Avaliação</b>
1° Aula (45 Minutos)	Apresentar os conceitos básicos da teoria da Relatividade Geral.	Apresentação de slides e discussão em grupo sobre a ideia de que a gravidade é uma curvatura do espaço-tempo.	Participação ativa em discussões em grupo.
2° Aula (45 Minutos)	Investigar as consequências da curvatura do espaço-tempo na Relatividade Geral.	Utilização de um simulador online para demonstrar como a curvatura do espaço-tempo afeta a trajetória de objetos em órbita.	Análise e interpretação dos resultados obtidos.
<b>5° Encontro</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Avaliação</b>
1° Aula (45 Minutos)	Realizar uma atividade prática para ilustrar a curvatura do espaço-tempo em torno de um objeto massivo.	Utilização de materiais disponíveis na escola para criar uma representação em miniatura da curvatura do espaço-tempo.	Apresentação e explicação da atividade prática realizada.

2ª Aula  (45 Minutos)	Sintetizar os conceitos abordados durante as aulas	Revisão dos conceitos apresentados em todas as aulas através de uma atividade em grupo.	Participação ativa na atividade investigativa de revisão.
<b>6º Encontro</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Avaliação</b>
1ª Aula  (45 Minutos)	Aplicar um questionário de pós-teste para avaliar a compreensão dos alunos em relação aos conteúdos de relatividade especial e geral, ensinados por meio da metodologia de investigação, que incorpora experimentos e simuladores digitais como recursos pedagógicos.	Aula expositiva, dialogada e preenchimento do questionário final.	Preenchimento do questionário final.

#### **4. MOMENTO DA PRÁTICA PEDAGÓGICA: o que dizem as percepções dos/as estudantes?**

Neste capítulo, vou apresentar a análise e discussão dos resultados da intervenção pedagógica que foi conduzida com alunos do terceiro ano na escola Estadual ECIT Monsenhor Moraes em Bonito de Santa Fé/PB. Os estudantes demonstraram grande entusiasmo e receptividade quando convidados a participar do projeto de pesquisa. A intervenção ocorreu durante o primeiro semestre de 2023. Meu objetivo principal foi avaliar se a utilização de atividades investigativas no estudo das teorias da relatividade especial e geral pode contribuir para o desenvolvimento da autonomia dos estudantes.

Com o objetivo de proteger a identidade dos participantes da pesquisa, os estudantes serão identificados como A1 (aluno 1), A2 (aluno 2) e assim por diante. Algumas das respostas fornecidas pelos alunos no questionário, bem como as falas e alguns diálogos que

ocorreram durante as aulas, foram transcritos em itálico e entre aspas.

Para a análise dos dados da pesquisa, foi adotada a abordagem descritiva, que pode ser empregada em pesquisas qualitativas. Na pesquisa qualitativa, os dados são descritos com o uso de palavras para descrever os fenômenos envolvidos, como é o caso de estudos de caso. Já na pesquisa quantitativa, os dados são expressos e analisados por meio de símbolos numéricos, como é o caso do total de indivíduos em uma determinada posição de escala em pesquisas de opinião (RUDIO, 2012).

#### 4.1 Perfil dos Estudantes

O questionário foi aplicado aos alunos com o intuito de levantar informações acerca do perfil dos estudantes, incluindo questões pessoais, conhecimento sobre as teorias relativísticas, atividades práticas e uso de tecnologias no ensino. Os dados coletados por meio do questionário foram utilizados para uma análise superficial dos resultados. O objetivo principal da pesquisa é avaliar as possibilidades de trabalhar com atividades investigativas no ensino da Relatividade Especial e geral para estudantes do ensino médio. Para isso, foram realizadas a pró-análise das respostas às perguntas do questionário inicial e a exploração do material. Em seguida, as respostas foram analisadas com base nas concepções empíricas dos pesquisadores e nas informações fornecidas pelos autores sobre os conteúdos abordados.

No primeiro encontro com os alunos, apresentei o projeto de pesquisa e administrei o questionário inicial (Anexo A) para obter informações sobre o perfil dos estudantes, incluindo questões pessoais, Relatividade Especial e geral e Atividades práticas, bem como o acesso e o conhecimento das tecnologias utilizadas no ensino.

Durante a apresentação do projeto de intervenção, os estudantes demonstraram interesse em participar da pesquisa e estavam animados com a perspectiva de uma aula diferente dos habituais. Os resultados do questionário inicial aplicado, serão descritos posteriormente.

Para as respostas da primeira questão: (**Qual é a sua idade?**), podemos analisar:

- Total de respostas: 32
- Média de idade: 17,26 anos
- Moda de idade: 17 anos (a idade mais comum entre os estudantes)

- Desvio padrão: 0,90 anos.

Em termos de porcentagem, podemos dizer que:

- 62,8 % dos estudantes têm 17 anos de idade (20 respostas)
- 28,1% dos estudantes têm 18 anos de idade (9 respostas)
- 6,25% dos estudantes têm 16 anos de idade (2 respostas)
- 3,15% dos estudantes têm 20 anos de idade (1 resposta)

Podemos concluir que a maioria dos estudantes dessa turma que responderam ao questionário, têm 17 anos de idade, e que a idade média dos respondentes é de 17.26 anos, com um desvio padrão de 0.90 anos. Isso indica que a idade dos alunos está relativamente concentrada em torno da média. Esses dados mostram que a maioria dos estudantes desta turma tem entre 17 e 18 anos de idade, o que é esperado para uma turma do 3º ano regular do ensino médio. A presença de alguns alunos mais jovens ou mais velhos pode ser explicada por questões como repetência ou aceleração de série. No gráfico a seguir podemos verificar esses dados:

*Gráfico 01: Fonte: autor, 2023.*



Para as respostas da segunda questão: **(Você tem acesso à internet em sua casa?)**. Os

resultados obtidos mostraram que a grande maioria dos alunos (31 de 32) têm acesso à internet em casa, o que indica que a maioria dos estudantes têm acesso a recursos digitais que podem ser utilizados para fins educacionais. Apenas um aluno afirmou não ter acesso à internet em casa, o que pode indicar a existência de dificuldades econômicas ou de acesso em sua família.

Para as respostas da terceira questão: **(Você gosta de realizar atividades práticas em sala de aula?)**. Os resultados obtidos mostraram que a maioria dos alunos (28 de 32) gosta de realizar atividades práticas em sala de aula, o que sugere que a abordagem prática pode ser uma forma eficaz de engajamento e aprendizagem para esses estudantes. No entanto, é importante observar que 4 alunos responderam “não” à pergunta, indicando uma preferência por outras metodologias de ensino ou uma possível dificuldade em relação a atividades práticas. Esses resultados podem indicar a necessidade de uma variedade de metodologias de ensino para atender às preferências e necessidades de todos os alunos da turma.

A discussão desse texto envolve a importância das atividades práticas no desenvolvimento de habilidades científicas, bem como a preferência dos alunos por esse tipo de abordagem de ensino. Segundo Silva et al. (2018), as atividades práticas desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de habilidades essenciais, como observação, análise e interpretação de dados. Essas habilidades são cruciais para a formação do pensamento científico e também são aplicáveis em futuras profissões. Através de atividades práticas, os estudantes têm a oportunidade de se envolverem ativamente no processo de aprendizagem, o que pode aumentar o seu interesse e motivação na área científica.

A diversificação das abordagens pedagógicas é crucial para garantir que todos os estudantes tenham oportunidades de aprendizagem significativas. Alguns alunos podem aprender melhor por meio de atividades práticas, enquanto outros podem preferir métodos mais teóricos ou visuais. Portanto, os professores devem estar abertos a diferentes abordagens de ensino e adaptar suas estratégias para atender às necessidades diversas dos alunos em sala de aula.

Em resumo, as atividades práticas têm um papel significativo no desenvolvimento de habilidades científicas e podem ser uma forma eficaz de engajamento e aprendizagem para a maioria dos alunos. No entanto, é necessário considerar as preferências e necessidades individuais, fornecendo uma variedade de metodologias de ensino para atender a todos os alunos da turma. A flexibilidade e a adaptação por parte dos professores são fundamentais para criar um ambiente de aprendizagem inclusivo e estimulante.

Para as respostas da quarta questão: **(Você se sente motivado(a) para estudar física? Por quê?).**

Tabela 02, fonte: Autor, 2023

Aluno	Resposta	Categoria
A1	<i>“Sim, por causa do professor”</i>	Professor
A2	<i>“Sim! Pois é uma matéria muito difícil, a motivação é maior”</i>	Dificuldade
A3	<i>“Sim por causa do professor”</i>	Professor
A4	<i>“Sim por causa do professor”</i>	Professor
A5	<i>“Sim, sem dúvidas, porque a gente tem um bom professor”</i>	Professor
A6	<i>“Sim porque o professor é o melhor”</i>	Professor
A7	<i>“Sim por conta do professor, explicação boa ajuda no desenvolvimento”</i>	Professor
A8	<i>“Sim, o professor explica bem”</i>	Professor
A9	<i>“Na maioria das vezes não, pois tenho dificuldade para compreender”</i>	Dificuldade
A10	<i>“Não, porque tenho dificuldades em compreender os conteúdos”</i>	Dificuldade
A11	<i>“Sim, por causa do professor”</i>	Professor
A12	<i>“Sim por causa do professor”</i>	Professor
A13	<i>“Sim, com um professor desses, eu fico motivada todos os dias”</i>	Professor
A14	<i>“Não por conta que não tenho inteligência suficiente”</i>	Dificuldade pessoal
A15	<i>“Sim, pois o professor é muito bom”</i>	Professor
A16	<i>“Não. Ultimamente não estou tendo motivações”</i>	Desmotivação
A17	<i>“Não, porque é uma matéria muito complicada”</i>	Dificuldade
A18	<i>“Sim, porque temos um excelente professor”</i>	Professor
A19	<i>“Sim, o professor é muito bom”</i>	Professor
A20	<i>“Sim, acho o assunto interessante, principalmente a parte prática”</i>	Interesse
A21	<i>“Sim, porque o professor ajuda muito”</i>	Professor
A22	<i>“Sim, tenho um professor ótimo”</i>	Professor
A23	<i>“Sim, tem conteúdos que são muitos bons”</i>	Conteúdo
A24	<i>“Em casa não”</i>	Não Categorizada
A25	<i>“Sim, pois o professor é bom no ensino”</i>	Professor
A26	<i>“Sim, acho física interessante”</i>	Interesse
A27	<i>“Sim. Porque o professor explica conteúdos muito bom”</i>	Professor
A28	<i>“Sim, por mais que seja uma matéria complicada é muito interessante”</i>	Interesse
A29	<i>“Sim, acho a disciplina interessante”</i>	Interesse
A30	<i>“Sim. A física é uma disciplina muito importante para nossas vidas”</i>	Importância
A31	<i>“Sim, porque eu acho física legal, embora eu não seja muito bom”</i>	Importância
A32	<i>“Sim, pois é um dever nosso aprender a matéria, temos um professor ótimo”</i>	Professor

Ao analisarmos as respostas dos estudantes em relação à motivação para estudar física, podemos identificar diferentes categorias que surgem com frequência. A primeira categoria que se destaca é a influência do professor. Muitos alunos mencionaram que se sentem motivados a estudar física devido à presença do professor. Eles destacam que esse professor possui habilidades de ensino excepcionais, explica bem os conteúdos e desperta o interesse dos alunos pela disciplina. Essas respostas indicam que a qualidade do professor desempenha um papel fundamental na motivação dos alunos para o estudo da Física.

Ao considerarmos a influência do professor como uma das principais categorias de motivação mencionadas pelos alunos, Moran (2016) destaca que a internet, por exemplo, facilita a motivação dos alunos pela novidade e pelas possibilidades inesgotáveis de pesquisa que oferece. No contexto do ensino por investigação, o professor pode utilizar recursos online, como simulações virtuais, vídeos explicativos e materiais interativos, para proporcionar aos estudantes experiências práticas e investigativas mesmo fora da sala de aula. Isso pode despertar o interesse e a motivação dos alunos ao explorarem conceitos físicos de forma mais concreta e interativa. Além disso, a participação dos estudantes em atividades de investigação, experimentação e resolução de problemas proporciona um ambiente de aprendizado mais colaborativo, no qual os alunos têm a oportunidade de explorar, questionar e construir seu conhecimento de forma mais ativa. Essa abordagem engaja os estudantes, tornando-os protagonistas de seu próprio aprendizado e estimulando sua curiosidade e motivação.

No entanto, é importante ressaltar que a motivação dos alunos não depende apenas das atividades práticas e investigativas, mas também do clima de confiança, abertura e cordialidade estabelecido pelo professor, conforme mencionado por Moran (2016). Um professor que cria um ambiente acolhedor, encoraja a participação ativa dos alunos, valoriza suas contribuições e promove uma relação de confiança com a turma, tende a favorecer a motivação dos estudantes em relação ao assunto. Portanto, ao combinar o ensino por investigação, com suas atividades práticas e investigativas, com um ambiente de aprendizado positivo e acolhedor, os educadores podem potencializar a motivação dos alunos para o estudo da Física, promovendo um aprendizado mais significativo.

Outra categoria recorrente é a dificuldade da matéria. Estudantes relataram que sentem uma motivação maior para estudar física devido à sua complexidade. Eles acreditam que a superação dessas dificuldades é um desafio estimulante, o que os impulsiona a se dedicarem mais ao aprendizado da disciplina. Essa categoria evidencia que a percepção da dificuldade



pode ter um efeito motivador, já que os alunos se sentem motivados a superar os obstáculos apresentados pela matéria.

Além das categorias mencionadas, algumas respostas não se enquadram claramente em nenhuma categoria específica. Essas respostas não categorizadas podem ser resultado de fatores individuais ou de uma falta de clareza na expressão das razões de motivação dos alunos.

Com base nas respostas dos alunos, podemos inferir que a motivação dos estudantes em estudar física é influenciada por vários fatores, como a qualidade do professor, a dificuldade da matéria, o interesse pessoal, a compreensão da importância da disciplina e a autoestima. A presença de um professor competente e dedicado parece ser o principal fator motivador para os alunos, mas a dificuldade da matéria e a autoavaliação negativa também podem afetar significativamente a motivação dos alunos.

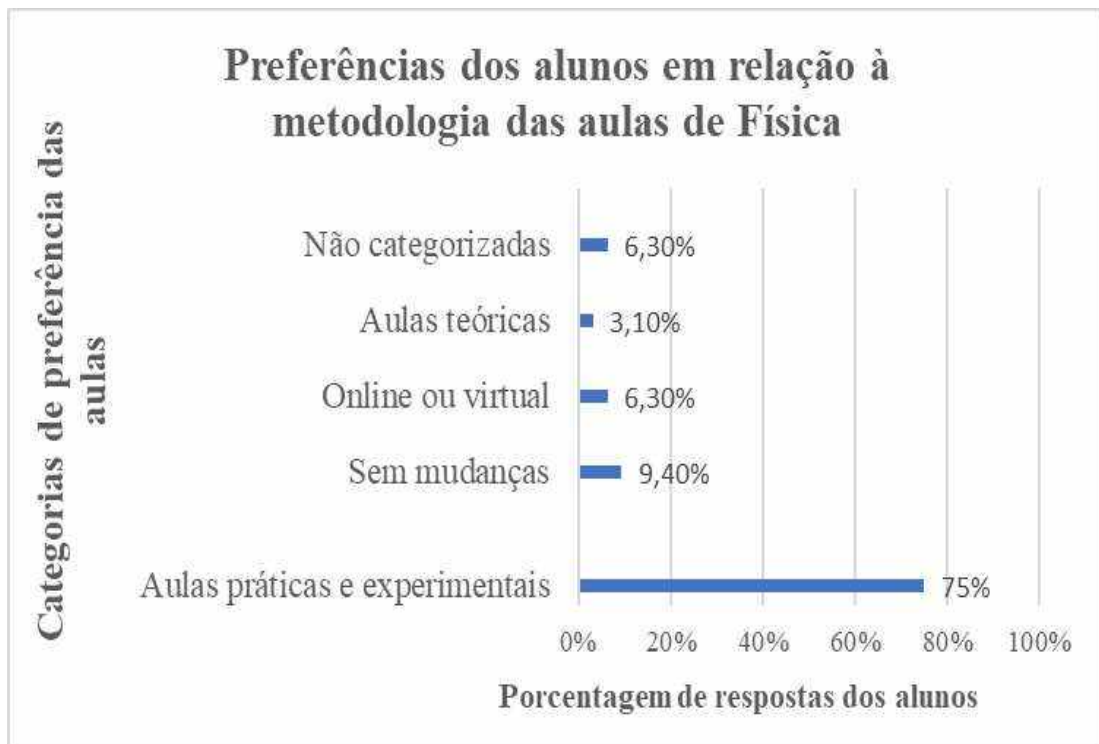
Para as respostas da quinta questão: **(De que maneira você gostaria que fossem as aulas de Física?)**

*Tabela 03: fonte: autor, 2023*

<b>Aluno</b>	<b>Resposta</b>	<b>Categoria</b>
A1	<i>“Que continue as mesmas explicações”</i>	Sem mudanças
A2	<i>“Eu gostaria que tivesse experimentos ao invés de somente aula teórica, gostaria que fosse uma das notas do Bimestre”</i>	Aulas práticas e experimentais
A3	<i>“Aulas mais dinâmicas e práticas”</i>	Aulas práticas e experimentais
A4	<i>“Gostaria que tivesse aulas práticas da disciplina”</i>	Aulas práticas e experimentais
A5	<i>“Mais práticas, experimentos nos ajudava bastante”</i>	Aulas práticas e experimentais
A6	<i>“Online”</i>	Online ou virtual
A7	<i>“Da forma que está. Ta bom”</i>	Sem mudanças
A8	<i>“Com experimentos”</i>	Aulas práticas e experimentais
A9	<i>“Que tivesse menos cálculo kkk”</i>	Aulas teóricas
A10	<i>“Com várias aulas práticas”</i>	Aulas práticas e experimentais
A11	<i>“Online, de modo virtual”</i>	Online ou virtual
A12	<i>“Mais práticas experimentais”</i>	Aulas práticas e experimentais
A13	<i>“Só gostaria de algumas demonstrações ou exemplos práticos”</i>	Aulas teóricas

	<i>ao que está sendo abordado”</i>	
A14	<i>“Presencial”</i>	Não categorizada
A15	<i>“Com conteúdos de teoria e experimentos sem cálculos”</i>	Aulas práticas e experimentais
A16	<i>“Que em todo assunto dado, tivesse um exemplo ou experimentos”</i>	Aulas práticas e experimentais
A17	<i>“Como está. Está ótimo só o meu rendimento que não é bom”</i>	Sem mudanças
A18	<i>“Que tivesse aulas teóricas e práticas”</i>	Aulas práticas e teóricas
A19	<i>“Como é, tá ótimo”</i>	Sem mudanças
A20	<i>“Queria que fosse mais interessante”</i>	Interesse
A21	<i>“Gostaria que Tivesse mais aula prática”</i>	Aulas práticas e experimentais
A22	<i>“Mais aulas práticas”</i>	Aulas práticas e experimentais
A23	<i>“Estão sendo boas, porém preferiria mais teoria ao invés de tantos cálculos. Experimentos também é bom sendo demonstrados”</i>	Aulas práticas e teóricas
A24	<i>“Gostaria, que não houvesse só teorias, e sim algumas aulas práticas”</i>	Aulas práticas e teóricas
A25	<i>“Gostaria que Tivesse mais aulas práticas”</i>	Aulas práticas e experimentais
A26	<i>“Com aulas práticas”</i>	Aulas práticas e experimentais
A27	<i>“Gostaria que tivesse mais aulas práticas”</i>	Aulas práticas e experimentais
A28	<i>“Com aulas práticas”</i>	Aulas práticas e experimentais
A29	<i>“Eu gostaria que tivesse mais aula prática”</i>	Aulas práticas e experimentais
A30	<i>“Tivesse mais atividades experimentais”</i>	Aulas práticas e experimentais
A31	<i>“Experimental”</i>	Aulas práticas e experimentais
A32	<i>“Gostaria que fosse aulas práticas”</i>	Aulas práticas e experimentais

Gráfico 02: fonte: autor, 2023.



A análise das respostas dos alunos do 3º ano do ensino médio em relação à disciplina de física revelou uma busca por aulas mais dinâmicas e práticas, que vão além da abordagem teórica tradicional. A maioria dos alunos gostaria de ter mais atividades experimentais em sala de aula e combinadas com a teoria, além de uma maior variedade de exemplos e demonstrações práticas para ilustrar os conceitos aprendidos.

Para Carvalho (2013) as atividades investigativas proporcionam uma aprendizagem mais significativa. Essa afirmação é corroborada pelas respostas dos alunos, que expressam o desejo de ter aulas mais práticas, dinâmicas e experimentais. Eles reconhecem que a realização de atividades investigativas traz uma maior relevância para o aprendizado, pois são desafiados a resolver problemas reais e a aplicar conceitos teóricos em situações concretas. Essa abordagem possibilita uma compreensão mais profunda dos conteúdos, uma vez que os alunos são envolvidos ativamente na construção do conhecimento. Além disso, Serafini (2016) destaca a importância de desenvolver habilidades de investigação científica nos estudantes. As falas dos alunos evidenciam essa preocupação ao mencionarem o desejo por

aulas práticas, experimentos, exemplos e demonstrações relacionados ao conteúdo abordado. Eles reconhecem que a investigação científica envolve a exploração de fenômenos, a coleta e análise de dados, e a formulação de hipóteses, habilidades que desejam desenvolver em suas aulas de Física. Ao expressarem a necessidade de uma abordagem mais investigativa, os alunos estão reforçando a importância de adquirir competências científicas que vão além da mera memorização de conceitos.

Também ficou evidente que alguns alunos preferem a modalidade online para as aulas, seja por questões de comodidade ou por conta da pandemia de Covid-19. A categoria “menos cálculo” também foi mencionada por alguns estudantes, indicando uma preferência por atividades que não enfatizem tanto essa área.

Além disso, alguns alunos manifestaram o desejo de que as aulas sejam mais interessantes e envolventes, possivelmente para que possam se motivar mais para estudar a disciplina. Essa categoria reforça a importância de os professores buscarem formas de tornar o ensino mais atrativo e estimulante para os alunos, incentivando a participação ativa dos estudantes nas aulas.

Em resumo, as respostas dos alunos indicam que é fundamental que os professores de física busquem formas de tornar o ensino mais dinâmico e prático, com uma maior variedade de atividades experimentais e práticas, combinadas com a abordagem teórica tradicional. Além disso, é importante buscar formas de tornar as aulas mais interessantes e motivadoras para os alunos, estimulando a sua participação ativa no processo de aprendizagem.

Para as respostas da sexta questão: **(Você acredita que a aplicação de atividades experimentais pode ajudar no aprendizado de Física? Por quê?)**

*Tabela 04, fonte: autor, 2023*

<b>Aluno</b>	<b>Resposta</b>	<b>Categoria</b>
A1	<i>“Sim, porque a gente aprendia mais.”</i>	Aprendizado
A2	<i>“Sim, porque faz com que aprendemos mais rápidos, tudo fica mais fácil”</i>	Aprendizado
A3	<i>Resposta em branco</i>	Sem resposta
A4	<i>“Sim, pois fica bem mais fácil de compreender”</i>	Compreensão
A5	<i>“Sim, pois ficaria fácil de compreender...”</i>	Compreensão
A6	<i>“Sim, porque ficaria mais fácil de compreender”</i>	Compreensão
A7	<i>“Sim, porque ajuda no desenvolvimento do conhecimento sobre o assunto”</i>	Aprendizado
A8	<i>“Sim, porque ficaria mais fácil de compreender”</i>	Compreensão

A9	<i>“Sim, pois pode ajudar ao aluno compreender melhor o conteúdo explicado”</i>	Compreensão
A10	<i>“Sim, acredito que irá ajudar no meu aprendizado”</i>	Aprendizado
A11	<i>“Sim, pois ficaria mais fácil de compreender”</i>	Compreensão
A12	<i>“Sim, pois ficaria mais fácil de compreender”</i>	Compreensão
A13	<i>“Sim, porque nos ajuda a aprendermos com mais facilidade”</i>	Aprendizado
A14	<i>“Sim, é mais fácil de compreender”</i>	Compreensão
A15	<i>“Sim!”</i>	Aprendizado
A16	<i>“Sim, pois com algo dinâmico o assunto fica mais fácil”</i>	Aprendizado
A17	<i>“Sim, porque é uma forma agradável, onde é interessante de se ver, chama a atenção do pro conteúdo”</i>	Aprendizado
A18	<i>“Sim e muito. Porque acho mais interessante e ficaria mais fácil de aprender física”</i>	Aprendizado
A19	<i>“Não, porque a escola não tem condições”</i>	Limitação
A20	<i>“Acredito que ajudaria aos alunos entenderem melhor e que está sendo explicado”</i>	Aprendizado
A21	<i>“Sim, pois fixa melhor o conteúdo”</i>	Aprendizado
A22	<i>“Sim, fica mais fácil de compreender”</i>	Compreensão
A23	<i>“Sim, porque tem tópicos que precisam de experimentos”</i>	Aprendizado
A24	<i>“Sim, mais a escola não tem condições ou seja estrutura”</i>	Limitação
A25	<i>“Sim, pois ajudaria melhor no entendimento e no aprendizado”</i>	Aprendizado
A26	<i>“Sim, porque ajuda o aluno a aprender mais”</i>	Aprendizado
A27	<i>“Sim, porque se presta bem atenção na explicação do professor, você vai ter um conhecimento melhor”</i>	Aprendizado
A28	<i>“Sim, aulas práticas com certeza ajudaria”</i>	Aprendizado
A29	<i>“Sim, porque ficaria melhor de compreender os conteúdos”</i>	Compreensão
A30	<i>“Sim, porque demonstrar como a física se comporta com coisas mais simples”</i>	Compreensão
A31	<i>“Sim, porque estimula o aprendizado e ajuda o aluno a compreender melhor os conteúdos”</i>	Aprendizado
A32	<i>“ Sim, pois fica mais fácil aprender e entender realmente de como funciona na prática, sem práticas fica mais chato o conteúdo.”</i>	Compreensão

A análise das categorias listadas na última tabela indica que os alunos percebem diversos benefícios na aplicação de atividades experimentais no aprendizado de Física. Os estudantes acreditam que a realização de atividades experimentais pode facilitar a compreensão de conceitos complexos, tornando o conteúdo mais simples e fácil de entender. Essa categoria sugere que a realização de experimentos pode ajudar os alunos a visualizar os conceitos em ação e a entender como eles funcionam na prática, o que pode ser muito útil para consolidar o aprendizado. Outra categoria que se destaca é a ideia de que as atividades experimentais tornam o aprendizado mais dinâmico e interessante. Os alunos acreditam que a realização de atividades práticas pode estimulá-los a se engajar mais com o conteúdo e a tornar o aprendizado mais significativo e relevante para eles. Essa categoria indica que a aplicação de

atividades experimentais pode tornar o aprendizado mais estimulante e envolvente, ajudando a prender a atenção dos alunos e a mantê-los motivados.

Além disso, os alunos também destacam a importância das atividades experimentais para fixar melhor o conteúdo. Eles acreditam que a realização de experimentos pode incentivá-los a memorizar e a consolidar os conceitos estudados, tornando o aprendizado mais efetivo e duradouro. Essa categoria sugere que as atividades experimentais podem ser uma estratégia eficaz para reforçar o aprendizado e para garantir que os alunos entendam os conceitos com mais profundidade.

Por fim, os alunos também percebem que a realização de atividades experimentais pode estimular o desenvolvimento do conhecimento. Eles acreditam que a aplicação de experimentos podem incentivá-los a aprender mais e a se aprofundar mais nos conceitos da disciplina, tornando-os mais aptos a lidar com problemas mais complexos e desafiadores. Essa categoria indica que as atividades experimentais podem ser uma forma de incentivar os alunos a desenvolverem um pensamento mais crítico e a se tornarem mais autônomos em seu processo de aprendizado.

Em resumo, a análise das categorias presentes na última tabela sugere que a aplicação de atividades experimentais pode trazer diversos benefícios para o aprendizado de Física. Desde a facilidade na compreensão de conceitos complexos até a fixação do conteúdo, as atividades experimentais podem tornar o aprendizado mais interessante, dinâmico e efetivo, ajudando os alunos a desenvolverem um conhecimento mais sólido e a se tornarem mais engajados e autônomos em seu processo de aprendizado. (CRUZ, 2019).

Para as respostas da sétima questão (**Você acredita que que os conceitos de Física abordados nas aulas possuem aplicações práticas em nosso dia a dia?**)

*Gráfico 03: fonte: autor, 2023*



Com base nas respostas dos alunos, podemos inferir que a grande maioria dos alunos acredita que os conceitos de física abordados nas aulas têm aplicações práticas no dia a dia. Dos 32 alunos que responderam à pergunta, 30 responderam afirmativamente, representando 93,75% da turma. Isso sugere que os alunos estão cientes da importância da física no cotidiano e reconhecem que os conceitos aprendidos em sala de aula podem ser aplicados em suas vidas. No entanto, é importante observar que 2 alunos responderam negativamente à pergunta, o que representa 6,25% da turma. Embora essa porcentagem seja relativamente baixa, é importante considerar as razões pelas quais esses alunos acreditam que os conceitos de física não têm aplicação prática no dia a dia. Pode ser que esses alunos não estejam conseguindo fazer as conexões necessárias entre a teoria aprendida em sala de aula e a prática do dia a dia, ou talvez não estejam interessados em física em geral.

Muitos alunos podem não perceber a relevância prática da Física em suas vidas cotidianas, o que pode afetar sua motivação e desempenho na disciplina. Nesse sentido, é importante que os professores busquem estratégias pedagógicas que aproximem a Física da realidade dos alunos e que demonstrem suas aplicações em situações concretas do cotidiano (Souza, 2017).

Para as respostas da oitava questão (Se você respondeu afirmativamente à pergunta anterior, poderia dar exemplos de situações cotidianas em que podemos perceber a presença de conceitos de Física? Caso tenha respondido negativamente, favor ignorar esta questão)

Tabela 05, Fonte: autor, 2023.

Aluno	Resposta	Categoria
A1	<i>“Sim! Tudo que fazemos está ligado a física, por exemplo: Ligar a lâmpada e colocar uma água para ferver”</i>	Energia, Termodinâmica
A2	<i>“Energia”</i>	Energia
A3	<i>Resposta em branco</i>	Sem resposta
A4	<i>Resposta em branco</i>	Sem resposta
A5	<i>“Energia, transportes”</i>	Energia, Mecânica
A6	<i>Resposta em branco</i>	Sem resposta
A7	<i>“Energia em geral”</i>	Energia
A8	<i>“Eletricidade”</i>	Eletricidade
A9	<i>“Energia geral”</i>	Energia
A10	<i>“Podemos perceber conceitos de física na energia”</i>	Energia
A11	<i>“Energia em geral”</i>	Energia
A12	<i>Resposta em branco</i>	N/A
A13	<i>Resposta em branco</i>	N/A
A14	<i>“Um exemplo é a eletricidade, que está presente no nosso dia a dia”</i>	Eletricidade
A15	<i>“Sim, carregadores, luzes, ventiladores”</i>	Eletricidade
A16	<i>“Trocamos de calor: Quando tocamos em algo ou em alguém, ocorre uma troca de calor tanto com alguém ou algo como também o ambiente”</i>	Termodinâmica
A17	<i>Resposta em branco</i>	Sem resposta
A18	<i>“A eletricidade está presente em todas as minhas atividades diárias”</i>	Eletricidade
A19	<i>“Energia, automóveis, toda matéria que existe no mundo, termômetro e etc”</i>	Energia, Mecânica, Termodinâmica
A20	<i>“Podemos perceber a física está presente em tudo que conseguimos ver e presenciar”</i>	Sem resposta
A21	<i>“Não me lembro”</i>	Sem resposta
A22	<i>“Como por exemplo na questão de precisarmos fazer algum reparo na elétrica da nossa casa”</i>	Eletricidade
A23	<i>“Placas de energia solar”</i>	Energia, Termodinâmica
A24	<i>“Energia”</i>	Energia
A25	<i>“Quando estamos penteando o cabelo, quando estamos cozinhando”</i>	Termodinâmica
A26	<i>Resposta em branco</i>	Sem resposta
A27	<i>“Ao empinar uma moto você precisa mantê-la no ar”</i>	Mecânica



	<i>usando pura física. ( equilíbrio, gravidade e etc”</i>	
A28	<i>“Uma situação é colocar a água para gelar”</i>	Termodinâmica
A29	<i>“As placas solares”</i>	Energia, termodinâmica
A30	<i>“Uma situação, se pegarmos no meio de uma cerveja muito gelada, ela congela quase que automaticamente”</i>	Termodinâmica
A31	<i>“Eletrização”</i>	Eletricidade
A32	<i>“Experimento de carga elétrica em atrito”</i>	Eletricidade

Com base nas respostas fornecidas pelos estudantes, podemos notar que a grande maioria dos estudantes compreende que a física está presente em diversas situações cotidianas, o que é um sinal positivo do aprendizado. As categorias mais frequentemente mencionadas pelos alunos foram “energia” e “eletricidade”, o que reflete a importância desses conceitos no nosso dia a dia. Alguns alunos também mencionaram conceitos mais específicos, como “trocas de calor”, “transporte” e “placas solares”.

No entanto, alguns alunos deixaram a resposta em branco ou não conseguiram pensar em exemplos práticos de como a física se manifesta no cotidiano, o que sugere a necessidade de um ensino mais prático e aplicado desses conceitos.

É importante destacar que a física é uma disciplina fundamental para a compreensão do mundo ao nosso redor, e sua aplicação se estende desde o funcionamento de aparelhos eletrônicos até a construção de edifícios e pontes. Portanto, é essencial que o ensino de física esteja conectado com a realidade e com as experiências cotidianas dos alunos, para que eles possam compreender a importância e utilidade da física em suas vidas. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2019)

Em seu livro “Fundamentos de Física”, Halliday et al. Enfatizam a importância de relacionar a física com o mundo real e as aplicações práticas da disciplina. Eles destacam que o objetivo do livro é “mostrar como os conceitos da física se aplicam a situações do mundo real” e “estabelecer uma relação entre os conceitos físicos e suas aplicações em diversas áreas”.

Para as respostas da nona questão (**Você se sente familiarizado com as tecnologias empregadas no ensino de Física? Quais tecnologias você já utilizou?**)

*Tabela 06, fonte: autor, 2023.*

Aluno	Resposta
A1	<i>“Não, no momento nenhuma”</i>

A2	"Não"
A3	"Não"
A4	"Resposta em branco"
A5	"Não"
A6	"Não"
A7	"Resposta em branco"
A8	"Sim, slides dinâmicos e vídeos aulas"
A9	"Resposta em branco"
A10	"Resposta em branco"
A11	"Sim"
A12	"Não"
A13	"Não"
A14	"Sim"
A15	"Sim"
A16	"Sim, simuladores do conteúdo estudado, não lembro o nome"
A17	"Não"
A18	"Sim, slides dinâmicos e vídeo aulas"
A19	"Não"
A20	"Resposta em branco"
A21	"Sim, celular"
A22	"Não, porém usamos slide e vídeo aulas"
A23	"Não, nenhuma"
A24	"Sim, não lembro"
A25	"Não"
A26	"Não"
A27	"Não"
A28	"Não"
A29	"Não"
A30	"Não"
A31	"Não"
A32	"Sim, celular e computador"

**Gráfico 04: fonte: autor, 2023.**

**Gráfico 04: fonte: autor, 2023.**



Os dados apresentados revelam as respostas dos alunos a uma pergunta sobre o uso de tecnologias no ensino de Física. É interessante notar que a maioria dos alunos (56,25%) respondeu “Não”, indicando que eles não têm utilizado tecnologias no ensino de Física, o que pode ter um impacto negativo em seu interesse e compreensão da disciplina. Dentre os alunos que responderam “Sim”, alguns mencionaram o uso de slides dinâmicos e vídeos aulas (18,75%), o que pode ser uma estratégia interessante para tornar as aulas mais interativas e visualmente atraentes. Além disso, alguns alunos citaram o uso de simuladores (6,25%), o que pode ser uma forma eficaz de ensinar conceitos complexos de forma mais palpável e concreta. Outros alunos mencionaram o uso do celular (3,125%) e do computador (3,125%) no ensino de Física, o que indica que essas tecnologias podem ser uma boa opção para envolver os alunos em atividades interativas e promover o aprendizado colaborativo. Por outro lado, alguns alunos deixaram a resposta em branco (12,5%), o que pode indicar falta de interesse ou até mesmo desconhecimento sobre o assunto. Isso pode ser um sinal para que os professores busquem formas de estimular a participação e engajamento dos alunos nas aulas.

Em geral, esses resultados apontam para a importância de os educadores buscarem formas de tornar o ensino de Física mais atraente e conectado com as tecnologias utilizadas pelos alunos no dia a dia, a fim de estimular o interesse e facilitar a compreensão dos conceitos. Também é importante investir em formação dos professores para que possam utilizar as tecnologias disponíveis de forma efetiva e inovadora em sala de aula. Com isso, é possível contribuir para um ensino mais dinâmico e atrativo, que estimule o interesse e a participação dos alunos.

Na decima questão do questionário procurava saber se os alunos tinham alguma familiaridade prévia ou conhecimento prévio acerca dos temas abordados nas teorias da relatividade especial e geral.

*Gráfico 05: fonte: autor 2023*



Pelo gráfico podemos analisar a familiaridade dos estudantes com as teorias da relatividade especial e geral; esses dados podem fornecer compreensões interessantes sobre o nível de conhecimento científico e interesse dos alunos. Primeiramente, é importante destacar que o número de alunos que afirmaram ter conhecimento prévio da teoria da relatividade especial foi zero. Isso pode ser atribuído à complexidade e abstração da teoria, bem como à falta de exposição dos alunos ao assunto. Embora a relatividade especial seja considerada uma teoria fundamental da física moderna, ela não é tão comumente abordada no ensino médio quanto outros tópicos de física.

Por outro lado, 13 alunos afirmaram ter conhecimento prévio apenas da teoria da relatividade geral. Isso pode ser atribuído ao fato de que a relatividade geral é frequentemente mencionada em mídias populares, como filmes de ficção científica, e também porque a teoria está mais diretamente ligada a conceitos astronômicos, como buracos negros e ondas gravitacionais. No entanto, é importante destacar que a relatividade geral é baseada na relatividade especial e, portanto, o conhecimento prévio dessa teoria é necessário para uma compreensão completa da relatividade geral.

Por fim, 19 alunos afirmaram não ter conhecimento prévio sobre nenhuma das teorias da relatividade. Isso pode indicar uma falta de interesse ou exposição prévia dos alunos à física teórica ou à ciência em geral. É importante ressaltar a importância de fornecer aos alunos uma educação científica de qualidade, que inclua uma compreensão básica das teorias fundamentais da física e sua relevância para o mundo em que vivemos. Além disso, é importante notar que a falta de conhecimento prévio sobre as teorias da relatividade não é necessariamente um indicador de falta de inteligência ou capacidade dos alunos. É responsabilidade dos educadores fornecer aos alunos as ferramentas e o conhecimento necessários para explorar o mundo ao seu redor e entender as forças e leis que o regem.

Em conclusão, a análise das respostas dos alunos revelou que muitos deles não possuem familiaridade com as teorias da relatividade, o que pode ser uma oportunidade para os educadores incentivá-los a explorar esses tópicos fascinantes e importantes da física teórica

Para as respostas da décima primeira questão (**Caso você não tenha selecionado os conteúdos de Relatividade Especial e Geral na pergunta anterior, você tem interesse em estudar esses tópicos por meio de atividades práticas, como experimentos, filmes, vídeos e discussões em sala de aula, que abordem as teorias da Relatividade e suas aplicações no cotidiano? Por favor, explique sua resposta.**)

*Tabela 07: fonte: autor, 2023.*

Aluno	Resposta	Categoria
A1	<i>“Sim, gostaria”</i>	Interesse
A2	<i>“ Resposta em branco ”</i>	Sem resposta
A3	<i>“ Não ”</i>	Desinteresse
A4	<i>“Não, porque eu não tenho muita prática em experimentos”</i>	Desinteresse
A5	<i>“Não”</i>	Desinteresse
A6	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem

		resposta
A7	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A8	<i>“Sim, acho que é melhor de entender o assunto”</i>	Interesse
A9	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem respota
A10	<i>“Sim, pois seria menos cansativo”</i>	Interesse
A11	<i>“ Sim, pois é uma maneira muito mais interessante e melhor compreensão”</i>	Interesse
A12	<i>“Não”</i>	Desinteresse
A13	<i>“ Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A14	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A15	<i>“Sim, tenho curiosidade”</i>	Interesse
A16	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A17	<i>“ Sim, seria muito bom de estudar, ficaria com menos sono nas aulas kkkk”</i>	Interesse
A18	<i>“Sim, É bem interessante e auto explicativo, bem fácil de entender”</i>	Interesse
A19	<i>“Não”</i>	Desinteresse
A20	<i>“ Sim”</i>	Interesse

A21	<i>“ Sim ”</i>	Interesse
A22	<i>“ Sim, seria útil ”</i>	Interesse
A23	<i>“ Sim, seria importante para o nosso aprendizado ”</i>	Interesse
A24	<i>“ Sim ”</i>	Interesse
A25	<i>“ Resposta em branco ”</i>	Sem resposta
A26	<i>“ Resposta em branco ”</i>	Sem resposta
A27	<i>“ Sim ”</i>	Interesse
A28	<i>“ Sim ”</i>	Interesse
A29	<i>“ Resposta em branco ”</i>	Sem resposta
A30	<i>“ Sim, com certeza ”</i>	Interesse
A31	<i>“ Sim ”</i>	Interesse
A32	<i>“ Não ”</i>	Desinteresse

Gráfico 06: fonte: autor, 2023.



Os dados apresentados revelam o interesse dos alunos do 3º ano do Ensino Médio em estudar Relatividade por meio de métodos práticos, como experimentos, filmes, vídeos e discussões em sala de aula. A partir da tabela e do gráfico apresentados, podemos observar que a maioria dos alunos (50%) respondeu positivamente à pergunta sobre interesse em métodos práticos no estudo de Relatividade, indicando que eles gostariam de abordar esses tópicos por meio de atividades práticas. No entanto, é importante notar que um número significativo de alunos (31,25%) não respondeu à pergunta, deixando em aberto a possibilidade de estarem interessados ou não. Além disso, uma parcela menor de alunos (18,7%) indicou que não gostaria de estudar Relatividade por meio de métodos práticos.

Esses dados mostram que há um potencial para a utilização de métodos práticos no ensino de Relatividade, visto que a maioria dos alunos expressou interesse nesse tipo de abordagem. Além disso, os resultados sugerem que os educadores devem ser cautelosos ao considerar que todos os alunos têm habilidades para conduzir experimentos ou atividades práticas, já que alguns alunos expressaram preocupações com sua falta de prática em experimentos.

Em suma, esses dados podem ser úteis para professores que planejam ensinar a teoria da Relatividade de forma mais prática e interativa, com atividades que envolvam experimentação e discussão em sala de aula. Ao levar em consideração o interesse dos alunos por esses métodos, é possível criar um ambiente mais engajador e efetivo no ensino da Física,



permitindo que os alunos sejam mais envolvidos e participativos em seu próprio processo de aprendizagem.

Para as respostas da décima segunda questão (**Se você já ouviu falar ou demonstrou interesse em estudar as Teorias da Relatividade, quais são, em sua opinião, as principais dificuldades para compreendê-las? Caso você nunca tenha tido contato com esses assuntos, favor desconsiderar esta pergunta**).

*Tabela 08, fonte: autor, 2023.*

<b>Aluno</b>	<b>Resposta</b>	<b>Categoria</b>
A1	<i>“Nunca estudei, mas tenho curiosidade para entender esse conteúdo”</i>	Interessado
A2	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A3	<i>“Não”</i>	Não interessado
A4	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A5	<i>“Não”</i>	Não interessado
A6	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A7	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A8	<i>“Não”</i>	Não interessado
A9	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A10	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A11	<i>“No geral a forma como eram apresentados, com conceitos complicados e etc”</i>	Dificuldade de compreensão
A12	<i>“Não”</i>	Não interessado
A13	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A14	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A15	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A16	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A17	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A18	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A19	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A20	<i>“Não”</i>	Não interessado
A21	<i>“Não”</i>	Não interessado
A22	<i>“Não”</i>	Não interessado
A23	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A24	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A25	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A26	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A27	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A28	<i>“Não”</i>	Não interessado
A29	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A30	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A31	<i>“Resposta em branco”</i>	Sem resposta
A32	<i>“Não”</i>	Não interessado

As respostas dos alunos mostram que a maioria deles (22 em 32) não tem interesse em estudar as teorias da relatividade, com respostas variando de “Não” a “Resposta em branco”. Dos 10 alunos restantes, 1 está interessado em aprender sobre o assunto, enquanto 9 não tiveram contato com ele anteriormente. Dentre os alunos que não têm interesse em estudar as teorias da relatividade, não é possível afirmar se a causa é falta de conhecimento prévio ou falta de interesse genuíno. No entanto, dos alunos que indicaram alguma dificuldade para compreender o assunto, a maioria (1 em 1) citou a complexidade dos conceitos como o principal obstáculo.

É importante ressaltar que a amostra analisada é limitada e não pode ser generalizada para a população total de alunos do 3º ano do ensino médio. No entanto, é possível que essa falta de interesse possa estar relacionada à forma como o assunto é apresentado ou à percepção do aluno sobre a relevância do tópico em relação a seus interesses e objetivos pessoais. Também é possível que a falta de conhecimento prévio sobre as teorias da relatividade possa influenciar a falta de interesse em aprender sobre o assunto.

Em resumo, as respostas dos alunos indicam que a maioria deles não tem interesse em estudar as teorias da relatividade, mas a falta de interesse genuíno ou a falta de conhecimento prévio sobre o assunto não pode ser determinada com base nesta amostra. Além disso, a complexidade dos conceitos é identificada como a principal dificuldade para a compreensão do assunto.

Para as respostas da décima terceira questão (**Você acredita que o uso de tecnologias pode auxiliar na compreensão das Teorias da Relatividade especial e geral? Por quê?**)

*Tabela 09, fonte: autor, 2023.*

Aluno	Resposta	Categoria
A1	“Sim, com uso da tecnologia poderia demonstrar mais experimentos em relação a esse assunto”	Prática / Experiência
A2	“Sim, porque a tecnologia ajuda muito”	Utilidade da tecnologia
A3	“Sim, práticas fica mais fácil de entender”	Prática / Experiência
A4	“Não”	Não acredita
A5	“Não”	Não acredita
A6	“Resposta em branco”	Sem resposta
A7	“Resposta em branco”	Sem resposta
A8	“Não sei dizer se ajudaria”	Incerteza
A9	“Não sei”	Incerteza
A10	“Sim, pois aprendemos como são esses assuntos na prática”	Prática / Experiência
A11	“Sim, pois pode facilitar a maneira de como é	Utilidade da tecnologia

	estudado”	
A12	“Não”	Não acredita
A13	“Sim”	Acredita
A14	“Sim, porque ajuda a pesquisa na sala”	Utilidade da tecnologia / Pesquisa
A15	“Sim. Com pesquisas, vídeo aulas e exercícios na internet”	Utilidade da tecnologia / Pesquisa / Experiência
A16	“Resposta em branco”	Sem resposta
A17	“Resposta em branco”	Sem resposta
A18	“Não sei”	Incerteza
A19	“Sim”	<u>Sem resposta</u>
A20	“Sim, pois a tecnologia está muito avançada”	Utilidade da tecnologia
A21	“Sim, pois a tecnologia está muito avançada”	Utilidade da tecnologia
A22	“Sim, porque a tecnologia está relacionada em tudo nos dias atuais”	Utilidade da tecnologia
A23	“Acredito que sim, pois poderia tornar esse conteúdo mais fácil ser compreendido”	Utilidade da tecnologia / Experiência
A24	“Resposta em branco”	Sem resposta
A25	“Resposta em branco”	Sem resposta
A26	“Resposta em branco”	Sem resposta
A27	“Sim, pois é mais fácil para aprender”	Experiência
A28	“Sim, porque facilitaria a compreensão”	Utilidade da tecnologia
A29	“Resposta em branco”	Sem resposta
A30	“Sim, a internet ajuda muito”	Utilidade da tecnologia / Pesquisa
A31	“Sim, a tecnologia hoje em dia ajuda muito”	Utilidade da tecnologia / Pesquisa
A32	“Sim! Pois tudo está ligado a tecnologia, eu creio que no futuro isso pode ocorrer”	Utilidade da tecnologia

*Gráfico 07: fonte: Autor, 2023.*



A partir das respostas dos alunos, podemos observar que a maioria acredita que o uso da tecnologia pode auxiliar na compreensão das Teorias da Relatividade Especial e Geral, sendo que 18 dos 32 alunos que responderam afirmaram que sim. Entre as justificativas, há o argumento de que a tecnologia possibilita a realização de experimentos, tornando a prática mais fácil de ser compreendida, a existência de vídeos, pesquisas e exercícios na internet, além do fato de que a tecnologia está muito avançada e tudo está relacionado a ela nos dias atuais. Por outro lado, três alunos responderam “não” à pergunta, indicando que a tecnologia não seria útil para compreender as teorias da relatividade. Três alunos não souberam responder e oito deixaram a resposta em branco.

As respostas foram categorizadas em cinco categorias: sim com justificativa, não com justificativa, não soube responder, resposta em branco e sim sem justificativa. A categoria “sim com justificativa” incluiu 16 respostas, que apresentaram argumentos específicos para a utilização da tecnologia para auxiliar na compreensão das teorias da relatividade. A categoria “não com justificativa” incluiu três respostas que não apresentaram argumentos para a não utilização da tecnologia. A categoria “não soube responder” incluiu três respostas em que os alunos afirmaram que não sabiam responder à pergunta. A categoria “resposta em branco” incluiu oito respostas em que os alunos deixaram o espaço em branco. E a categoria “sim sem justificativa” incluiu 2 respostas em que os alunos afirmaram que sim, sem apresentar justificativas específicas para a utilização da tecnologia para auxiliar na compreensão das teorias da relatividade.

A análise das respostas indica que a maioria dos alunos acredita que a tecnologia pode auxiliar na compreensão das teorias da relatividade, sendo que muitos apresentaram justificativas específicas para essa crença. Ainda assim, há um número significativo de alunos que não souberam responder à pergunta ou deixaram a resposta em branco, o que sugere que esses alunos podem não ter uma opinião formada sobre o assunto ou não se sentiram confortáveis em compartilhá-la.

## **4.2 Momentos pedagógicos**

Nesta etapa, apresentarei os momentos pedagógicos que ocorreram durante a pesquisa sobre as teorias da relatividade especial e geral, incluindo as atividades experimentais, simulações virtuais e as falas dos estudantes registradas em meu diário de campo. Durante as

atividades experimentais e simulações virtuais, registrei em meu diário de campo as falas dos estudantes, que demonstraram interesse e curiosidade nas temáticas abordadas. Eles fizeram perguntas e levantaram hipóteses, mostrando um alto nível de participação nas aulas.

Esses momentos pedagógicos foram fundamentais para que os alunos entendessem a física moderna e a importância das teorias da relatividade especial e geral para compreendermos o universo em que vivemos.

#### **4.2.1- 1º Momento pedagógico**

No primeiro encontro, a primeira aula teve como principal objetivo introduzir a proposta de pesquisa aos alunos, bem como coletar informações acerca do perfil dos mesmos e sobre suas experiências prévias com a teoria da relatividade especial e geral, atividades experimentais e tecnologias no ensino de física. Para alcançar esses objetivos, foi adotada uma metodologia no qual foi aplicado um questionário de sondagem que abordava questões pessoais, assim como perguntas específicas sobre o conhecimento dos alunos acerca da teoria da relatividade especial e geral, atividades experimentais e tecnologias no ensino de física, esse questionário inicial já teve uma análise detalhada no capítulo anterior. Teve também a entrega do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e do Termo de Assentimento Livre Esclarecido (TALE), os quais foram preenchidos pelos estudantes. A aula foi conduzida de forma expositiva e dialogada, permitindo aos estudantes a oportunidade de esclarecer dúvidas e fazer perguntas acerca da proposta de pesquisa e dos temas abordados no questionário. Durante a aula, os alunos tiveram a oportunidade de preencher o questionário, contribuindo assim com informações importantes para a pesquisa. Por fim, a avaliação da aula foi realizada a partir do preenchimento do questionário pelos alunos, o que permitiu avaliar o perfil dos alunos e identificar suas necessidades e dificuldades no aprendizado da física, bem como adaptar as atividades futuras de acordo com as demandas do grupo. Além disso, a aula foi considerada bem-sucedida, uma vez que os objetivos propostos foram alcançados e os alunos demonstraram interesse e participação ativa durante toda a atividade. Na próxima imagem podemos visualizar os estudantes respondendo o questionário inicial da pesquisa.



*Figura 9: fonte: autor, 2023.*

Na segunda aula do primeiro encontro, foi proposto introduzir os conceitos fundamentais da teoria da relatividade especial por meio de um problema cotidiano dos estudantes. A aula teve a duração de 45 minutos e iniciou com uma apresentação de slides sobre o seguinte problema: **“Já se perguntaram por que os GPSs funcionam tão bem em todo o mundo, mesmo quando estamos em movimento? Como é possível que os satélites possam nos localizar com tanta precisão?”**. A partir deste problema, os alunos chegaram às seguintes conclusões:

*A1 “Eu já me perguntei isso várias vezes, professor. Como é possível?”*

*A2 “ Sei lá professor, acho que tem a haver com as tecnologias”*

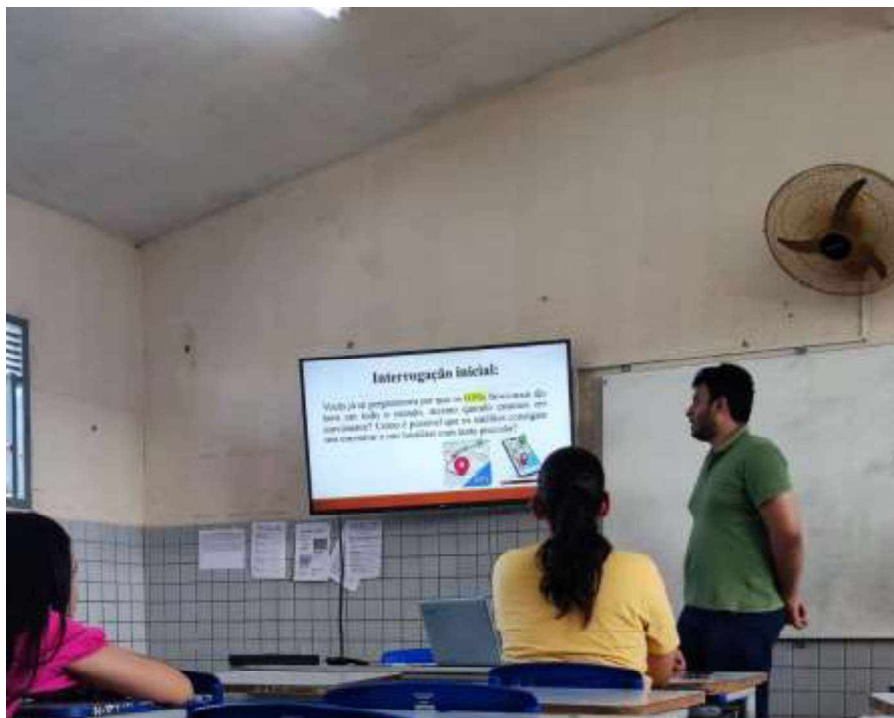
*A3 “ Deve ser por causa desse negócio ai de relatividade, que a gente vai ver”*

*A4 “Sei não, deve ter a ver com a física ou a informática”*

Ao apresentar o problema do GPS, o objetivo foi estimular a curiosidade e a reflexão dos alunos, instigando-os a formular hipóteses e buscar informações sobre o assunto. A partir daí, podemos orientar a investigação dos alunos, propondo atividades experimentais, simulações, debates e discussões em grupo, para que os alunos possam compreender as bases teóricas e aplicadas da relatividade especial.

Carvalho (2013) em seu livro “”Ensino de Ciências por Investigação – Condições para

Implementação em Sala de Aula” apresenta uma proposta inovadora e desafiadora para a prática docente na área de Ciências. A autora defende a importância de uma abordagem pedagógica baseada na investigação, na qual o aluno é o protagonista da sua própria aprendizagem, construindo conhecimento de forma autônoma e significativa. De acordo com Oliveira e Macedo (2019), é de extrema importância estabelecer uma ligação entre o ensino de física e a realidade vivida pelos estudantes, a fim de despertar neles a motivação para aprender. Adicionalmente, é crucial que os conceitos sejam ministrados de maneira clara e direta, evitando excesso de informações e abordagens excessivamente teóricas. Utilizando o problema cotidiano da precisão do GPS como ponto de partida para a compreensão dos conceitos fundamentais da teoria da relatividade especial, é um exemplo concreto e bem-sucedido da aplicação do ensino por investigação em sala de aula. A partir da apresentação do problema, os alunos são desafiados a formular hipóteses, buscar informações, realizar experimentos e construir argumentos, em um processo colaborativo e reflexivo, que estimula a criatividade, a curiosidade e a autonomia dos alunos. A seguir, é possível visualizar a imagem que retrata o momento em que os alunos foram apresentados ao problema inicial discutido durante a aula.



*Figura 10: fonte: autor, 2023.*

A partir desse problema, foram introduzidos os conceitos de espaço-tempo, simultaneidade e relatividade de movimento. Para ilustrar esse conceito, foi realizado um

experimento na quadra esportiva. Um grupo de alunos foi dividido em dois times, e cada um recebeu um apito. O objetivo era fazer com que os apitos fossem tocados simultaneamente. Para um observador parado na quadra, os apitos foram tocados ao mesmo tempo. Mas para um observador que estivesse em movimento em relação à quadra, os apitos não pareceriam ser tocados ao mesmo tempo. A participação dos alunos foi essencial para a compreensão dos conceitos apresentados. Durante a apresentação de slides e as discussões em grupo, os alunos tiveram a oportunidade de fazer perguntas e esclarecer dúvidas. Podemos elencar as falas dos estudantes após o término da experiência realizada na sala.

**A1:** *“Nossa professor, fiquei impressionada como a nossa percepção das coisas muda de acordo com o nosso ponto de vista”*

**A2:** *“Professor eu fiquei bem confusa no começo, mas depois que a gente discutiu em grupo e tirou as dúvidas com o professor, eu entendi muito bem”*

**A3:** *“Eu achei interessante esse negócio da nossa percepção do tempo. Essa parte na quadra foi bem interessante”*

As falas dos estudantes, após o término da experiência, demonstram que a metodologia utilizada foi efetiva na construção do conhecimento, pois é uma metodologia ativa que busca colocar o estudante como protagonista do processo de ensino e aprendizagem, estimulando a participação ativa e o desenvolvimento de habilidades.

O aluno A1, por exemplo, ressalta como a nossa percepção das coisas muda de acordo com o nosso ponto de vista, demonstrando uma reflexão crítica sobre o tema abordado. Já o aluno A2 destaca que, apesar da confusão inicial, foi possível entender melhor o conteúdo após as discussões em grupo e o esclarecimento de dúvidas com o professor. Durante as discussões em grupo, os alunos tiveram a oportunidade de esclarecer dúvidas e expressar suas opiniões sobre o tema, o que proporcionou um ambiente colaborativo e participativo. A fala dos alunos após a realização do experimento mostrou que eles se envolveram com a atividade e conseguiram perceber como a percepção do tempo pode variar de acordo com o ponto de vista do observador.

A pesquisa realizada por Cordeiro e Teixeira (2017) ressalta a importância da utilização de experimentos no ensino dos conceitos de relatividade especial e geral. Essas abordagens pedagógicas proporcionam aos estudantes uma compreensão mais aprofundada e



intuitiva desses temas complexos da física. Ao envolver os alunos em atividades práticas e interativas, os experimentos permitem que eles visualizem e experimentem os princípios fundamentais da relatividade, auxiliando-os a consolidar seu conhecimento e desenvolver um melhor entendimento desses fenômenos físicos.

Em resumo, a aula descrita é um exemplo positivo de ensino por investigação, que proporcionou aos alunos uma oportunidade de aprender sobre conceitos importantes da física de forma mais engajadora e significativa. A participação ativa dos estudantes e a realização do experimento foram fatores determinantes para o sucesso da atividade.

Abaixo, é possível visualizar a imagem que ilustra o momento em que a experiência na quadra esportiva foi realizada.



*Figura 11: fonte: autor, 2023.*

#### **4.2.2- 2º Momento pedagógico**

Na primeira aula do segundo encontro da intervenção pedagógica, objetivo principal era proporcionar aos alunos uma compreensão mais profunda sobre a constância da velocidade da luz em todos os referenciais inerciais, por meio da simulação<sup>3</sup> do experimento de Michelson-Morley e apresentar os postulados da teoria da relatividade especial. Para isso, foram utilizados recursos como um simulador online e vídeos<sup>4</sup> disponíveis na internet. Durante a aula, os estudantes foram introduzidos ao contexto histórico do experimento,

<sup>3</sup> Simulação computacional do experimento de Michelson-Morley: < [https://galileoandstein.phys.virginia.edu/more\\_stuff/Applets/MichelsonMorley/michelsonmorley.html](https://galileoandstein.phys.virginia.edu/more_stuff/Applets/MichelsonMorley/michelsonmorley.html)> . Acesso em: 28 abr. 2023.

<sup>4</sup> Vídeo do experimento de Michelson-Morley: < <https://www.youtube.com/watch?v=UA1qG7Fjc2A&t=56s>> . Acesso em: 28 abr. 2023.

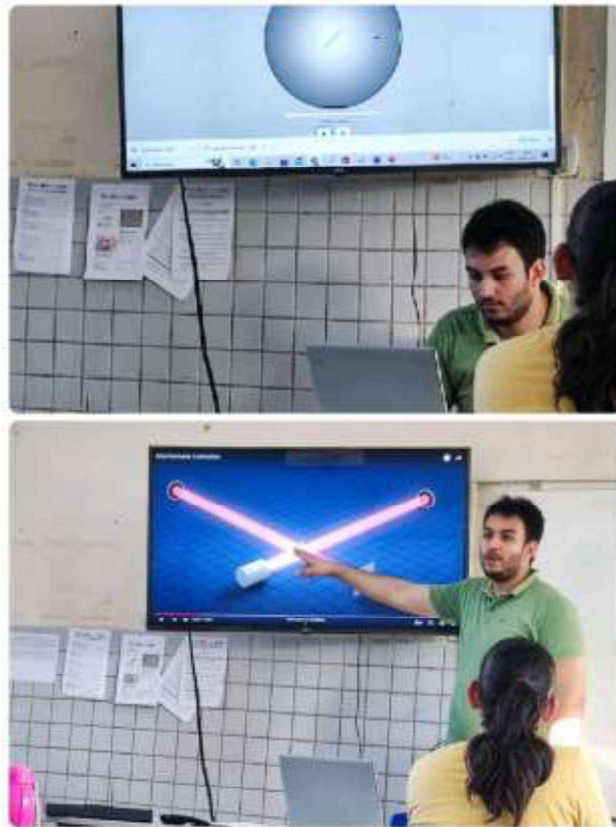
aprendendo que ele foi uma tentativa de medir a velocidade do éter, uma suposta substância hipotética que se acreditava preencher todo o espaço e ser responsável pela propagação da luz. Explorou-se o fato de que o experimento de Michelson-Morley foi fundamental para a evolução da teoria da relatividade e a compreensão de que a velocidade da luz é constante em todos os referenciais inerciais.

A metodologia adotada enfatizou a participação ativa dos alunos na investigação científica. Para isso, foi utilizado um simulador online que permitia simular o experimento de Michelson-Morley de forma interativa. Os alunos tiveram a oportunidade de manipular as variáveis do experimento, como a direção e a velocidade relativa das fontes de luz, e observar os resultados obtidos. Além disso, vídeos relacionados ao experimento foram apresentados, enriquecendo a compreensão dos alunos e proporcionando uma visão mais abrangente do assunto. Os vídeos mostraram experimentos reais e demonstrações práticas.

Com base no estudo de Cordeiro e Teixeira (2017), é evidente que a utilização de experimentos e simulações pode desempenhar um papel crucial no aprimoramento da compreensão dos estudantes em relação aos conceitos de relatividade especial e geral. Essa abordagem ativa de aprendizado oferece uma oportunidade única para os alunos explorarem e vivenciarem os fenômenos físicos de maneira prática e tangível. Uma das principais vantagens de utilizar experimentos e simulações é a capacidade de visualizar e manipular variáveis, permitindo que os estudantes testem diferentes cenários e observem os resultados correspondentes. Isso ajuda a consolidar a compreensão dos princípios fundamentais da relatividade especial e geral, que muitas vezes são abstratos e desafiadores de se conceituar apenas com base em teorias e fórmulas. Além disso, a utilização de experimentos e simulações proporciona aos alunos a oportunidade de desenvolver habilidades práticas, como coleta e análise de dados, formulação de hipóteses e resolução de problemas.

Essa abordagem permitiu que os alunos vivenciassem a ciência de forma prática e experimental, estimulando seu pensamento crítico e habilidades investigativas. Eles puderam explorar os conceitos de velocidade da luz, referenciais inerciais e o papel do experimento de Michelson-Morley na história da física.

A seguir, podemos observar uma imagem que retrata o momento em que o experimento de Michelson-Morley foi apresentado aos alunos por meio de um simulador e vídeos.



*Figura 12: fonte: Autor, 2023.*

Durante a discussão em grupo sobre o experimento de Michelson-Morley e a constância da velocidade da luz, os alunos compartilharam suas reflexões, descobertas e conclusões. Aqui estão algumas falas que ocorreram nesse momento:

*A1 “Cara fiquei impressionado com os resultados desse experimento aí, deu para entender que a velocidade da luz é constante em todos os referenciais.”*

*A2 “Professor achei interessante quando vimos os vídeos dos experimentos reais relacionados ao experimento. Por isso que é importante esses experimentos para aprender o assunto”*

*A3 “Eu gostei muito galera de poder mexer nesse experimento do simulador”*

*A4 “A discussão em grupo foi muito boa professor, para entender mais*

*essa questão da velocidade da luz. Ouvir as ideias dos meus colegas e compartilhar minhas próprias descobertas ajudou a reforçar os conceitos que aprendemos hoje. Foi uma aula bem dinâmica e participativa.”*

*A5 “Achei incrível poder experimentar e simular esses conceitos”*

*A6 “Interessante saber que esse experimento Michelson-Morley foi uma tentativa de medir a velocidade desse tal de éter. Eu nunca tinha ouvido falar sobre isso antes”*

*A7 “Achei legal a ideia de utilizar um simulador online. Parece uma maneira prática de entender melhor o experimento”*

As falas dos alunos durante a aula demonstram seu engajamento e apreciação pela abordagem prática e experimental utilizada. Eles expressam surpresa e fascínio com os resultados do experimento de Michelson-Morley, compreendendo a constância da velocidade da luz em todos os referenciais inerciais. A utilização de vídeos reais relacionados ao experimento despertou o interesse dos alunos, evidenciando a importância dessas demonstrações para testar as teorias estudadas. Os estudantes reconhecem o valor da discussão em grupo, mencionando que ouvir as ideias dos colegas e compartilhar suas próprias descobertas ajudou a reforçar os conceitos aprendidos. Eles destacam a dinamicidade e participação ativa da aula, demonstrando que se sentiram estimulados em seu pensamento crítico e habilidades investigativas.

Além disso, os estudantes mencionam a relevância histórica do experimento de Michelson-Morley e seu objetivo de medir a velocidade do éter, um conceito desconhecido para alguns deles. A utilização do simulador online é elogiada por sua praticidade e eficácia na compreensão do experimento.

No geral, as falas dos alunos refletem um ambiente de aprendizado estimulante, no qual eles puderam vivenciar a ciência de forma prática, explorar conceitos complexos e compartilhar suas reflexões e descobertas. A abordagem ativa, por meio de experimentos e simulações, permitiu que os estudantes desenvolvessem habilidades práticas e consolidassem seu entendimento dos princípios da relatividade especial e geral.

As falas dos alunos durante a aula refletem a importância das atividades investigativas na sala de aula, o que está de acordo com as perspectivas defendidas pelos autores Carvalho (2013), Serafini (2016), Pereira et al. (2019) e Barcelos et al. (2019). Esses autores destacam a relevância de abordagens que envolvam os alunos de maneira ativa na investigação científica, proporcionando uma aprendizagem significativa e estimulando o desenvolvimento de habilidades cognitivas e investigativas. De acordo com Carvalho (2013), as atividades investigativas promovem a construção do conhecimento pelo aluno, permitindo que eles sejam protagonistas de sua própria aprendizagem. Isso fica evidente nas falas dos alunos, que expressam o impacto positivo da participação ativa na aula, através da manipulação de variáveis no simulador online e do compartilhamento de suas descobertas durante a discussão em grupo. Essa abordagem colaborativa e participativa estimula o pensamento crítico e a reflexão, características valorizadas por Serafini (2016) e Pereira et al. (2019).

Pereira et al. (2019) enfatizam que as atividades investigativas contribuem para a formação de alunos autônomos e críticos, capazes de lidar com situações complexas e de resolver problemas de forma independente. As falas dos alunos A2, A5 e A7 evidenciam o desenvolvimento dessas habilidades, à medida que eles expressam interesse em testar teorias, experimentar conceitos e explorar diferentes possibilidades por meio dos recursos disponíveis, como vídeos e simulador online. Serafini (2016) destaca que as atividades investigativas proporcionam uma aprendizagem mais significativa, pois os alunos são desafiados a resolver problemas reais e a desenvolver habilidades de investigação científica. A fala do aluno A4, por exemplo, demonstra como a discussão em grupo ajudou a reforçar os conceitos aprendidos e a ampliar a compreensão da velocidade da luz. Esse tipo de interação estimula a troca de ideias e a construção coletiva do conhecimento.

#### **4.2.3- 3º Momento pedagógico**

Na primeira aula do terceiro encontro, o foco principal foi a investigação das consequências da dilatação temporal, contração do espaço e energia relativística na teoria da Relatividade Especial. Esses conceitos, considerados fundamentais para a compreensão da teoria proposta por Albert Einstein e suas implicações na física moderna, foram abordados de forma detalhada e elucidativa. A metodologia adotada nessa aula baseou-se no uso de simuladores online, que permitiram aos alunos explorarem de maneira interativa as implicações da dilatação temporal. O experimento dos gêmeos foi simulado utilizando um

vídeo <sup>5</sup>, fornecendo aos estudantes uma experiência prática virtual que possibilitou compreender os efeitos da dilatação do tempo em um contexto concreto.

Além disso, outra simulação realizada utilizou um simulador online para demonstrar a contração do espaço. Essa atividade proporcionou aos alunos a compreensão de como a velocidade de um objeto pode alterar o seu comprimento. Através dessa simulação, os estudantes puderam visualizar de forma lúdica como o espaço pode ser distorcido em função da velocidade relativa entre objetos.



Figura 13 : fonte: [https://alloy.sites.ufsc.br/ejss\\_model\\_sim1/sim1\\_Simulation.xhtml](https://alloy.sites.ufsc.br/ejss_model_sim1/sim1_Simulation.xhtml)

Durante a discussão em grupo sobre os simuladores online, os alunos compartilharam suas reflexões, descobertas e conclusões. Aqui estão algumas falas que foram registradas no diário de campo, que ocorreram nesse momento:

A1: *“Cara, nunca passou pela minha cabeça que o tempo pudesse ficar mais devagar pra alguém que tá se movendo*

<sup>5</sup> Vídeo do paradoxo dos gêmeos: < <https://www.youtube.com/watch?v=GvSEaZFgl38&t=71s>>. Acesso: 29 abr. 2023.

*rápido. É muito doido pensar nisso!”*

*A2: “Pô, mano, aqueles simuladores online que o professor passou ajudaram pra caramba a entender essas paradas de dilatação do tempo e encolhimento do espaço. Foi maneiro ver na prática como essas coisas funcionam.”*

*A3: “Eu não fazia ideia de que a velocidade podia mexer com o tempo, véi. É meio confuso pensar que os irmãos gêmeos podem ficar com idades diferentes, hahaha!”*

As falas dos alunos evidenciam a eficácia do ensino de física por investigação, em consonância com os autores (Silva et al., 2018). Durante a aula que abordou a dilatação temporal, contração do espaço e energia relativística na teoria da Relatividade Especial, os estudantes tiveram a oportunidade de explorar esses conceitos de forma detalhada e elucidativa. A utilização de simuladores online, como sugerido por Motta (2019) permitiu que os alunos experimentassem de maneira interativa as implicações da dilatação temporal. Ao simular o experimento dos gêmeos, os estudantes puderam visualizar virtualmente os efeitos da dilatação do tempo em um contexto concreto. Isso despertou uma reação de surpresa e perplexidade, como expressado pelo aluno A1, que mencionou nunca ter imaginado que o tempo poderia ficar mais lento para alguém em movimento rápido.

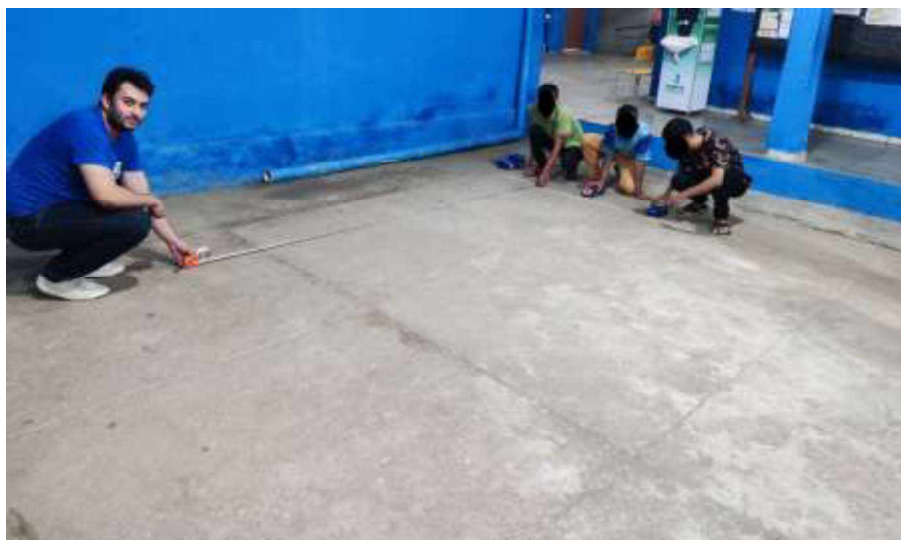
Além disso, outro simulador online foi utilizado para demonstrar a contração do espaço. Essa atividade permitiu aos alunos compreender como a velocidade de um objeto pode alterar seu comprimento, como destacado por A2. Essa visualização lúdica e interativa do conceito de contração do espaço proporcionou uma compreensão mais concreta e significativa para os estudantes. Ao compartilharem suas reflexões, descobertas e conclusões durante a discussão em grupo, os alunos evidenciaram a construção ativa do conhecimento, característica central do ensino por investigação. Essa abordagem pedagógica, como mencionada por Silva et al. (2018), incentiva os alunos a se envolverem no processo de aprendizagem, explorando, experimentando e refletindo sobre os fenômenos físicos estudados.

As falas dos alunos também ressaltam a importância de proporcionar espaços diferenciados de aprendizagem, como os simuladores online utilizados na aula. Esses espaços oferecem recursos interativos que estimulam a participação ativa dos alunos, tornando o

ensino mais envolvente e significativo, em concordância com as ideias de Motta (2019) e Mazur (2017).

No intuito de solidificar o conhecimento adquirido, foi proposto aos alunos a realização de um experimento em sala de aula para estudar a energia relativística, massa relativística e dilatação temporal. No início foi explicado para os estudantes como a energia de um objeto em movimento rápido difere da energia cinética clássica. Em seguida a turma foi dividida em três grupos, e os estudantes receberam as instruções e os materiais necessários para o experimento. Os estudantes foram divididos em três grupos e cada grupo recebeu um carrinho de brinquedo, um cronômetro e uma trena. Devido à falta de uma balança na escola, os carrinhos que foram atribuídos aos alunos já possuíam sua massa pré-medida, sendo que cada carrinho tinha uma massa distinta. Os alunos deram início ao experimento ao observar o valor da massa do carrinho que lhes havia sido fornecido. Em seguida, no lado de fora da sala os estudantes escolheram uma distância de três metros para realizar os experimentos, utilizando uma trena para medir e marcar o percurso do carrinho. Os alunos prosseguiram para a medição do tempo. Um dos integrantes do grupo deu o sinal de partida, e outro membro iniciou o cronômetro enquanto o carrinho percorria a distância marcada. Quando o carrinho alcançou o final do percurso, o cronômetro foi interrompido, e o tempo registrado foi anotado.

Abaixo, é possível visualizar a imagem que ilustra o momento em que a experiência dos carrinhos foi realizada.



*Figura 14: fonte: Autor, 2023*



Após a medição do tempo, os alunos utilizaram a trena para medir o comprimento do percurso e anotaram a distância percorrida. Com essas informações, eles calcularam a velocidade do carrinho, utilizando a fórmula  $v = d/t$ , onde  $v$  representa a velocidade,  $d$  é a distância percorrida e  $t$  é o tempo registrado.

Com a velocidade determinada, os alunos avançaram para o cálculo da energia cinética clássica do carrinho. Utilizando a massa medida previamente e a velocidade calculada, aplicaram a fórmula:

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

Onde  $E_c$  representa a energia cinética e  $m$  é a massa do carrinho e  $v$  a velocidade do carrinho.

Na tabela a seguir, podemos verificar os resultados obtidos pelos três grupos de alunos em relação à distância percorrida pelo carrinho, massa, tempo, velocidade e energia cinética clássica:

Tabela 10, fonte: Autor, 2023.

Grupo	Distância (m)	Massa do carrinho (kg)	Tempo (s)	Velocidade (m/s)	Energia cinética (J)
Grupo 1	3 m	0,439	1,87	1,60	0,568 J
Grupo 2	3 m	0,368	1,62	1,85	0,629 J
Grupo 3	3 m	0,477	1,91	1,57	0,587 J

Após obterem os resultados da energia cinética clássica, os alunos foram incentivados a refletir sobre a teoria da relatividade de Einstein. Em seus grupos, discutiram como a massa do carrinho poderia ser afetada pela velocidade, levando em consideração os princípios da relatividade. Eles começaram relembando os princípios básicos da relatividade especial, que já havia sido estudado na última aula, como a ideia de que a velocidade da luz é uma constante universal e que as leis da física devem ser consistentes em todos os referenciais inerciais.

Com base nessas reflexões, os estudantes foram orientados a aplicar as fórmulas da

massa relativística e da dilatação do tempo em relação ao carrinho, utilizando os dados que haviam coletado anteriormente.

Com as fórmulas em mente, os estudantes começaram a trabalhar com os valores de velocidade do carrinho e a explorar como isso afetaria tanto a massa do carrinho quanto a passagem do tempo para um observador em repouso. Primeiro, eles aplicaram a fórmula da massa relativística, que relaciona  $m_{rel}$  a massa relativística,  $m_0$  a massa em repouso do carrinho,  $v$  a velocidade do carrinho e  $c$  a velocidade da luz.

$$m_{rel} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Em seguida, os estudantes utilizaram a fórmula da dilatação do tempo, que descreve como o tempo é percebido de forma diferente por um observador em movimento em relação a um observador em repouso. A fórmula é dada por:

$$t_{rel} = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Onde  $t_{rel}$  representa o tempo dilatado para o observador em movimento e  $t_0$  é o tempo medido pelo observador em repouso.

Durante a discussão sobre o experimento e o resultado dos cálculos sobre os experimentos realizados com o carrinho, os alunos se depararam com um fato intrigante: a massa e o tempo do carrinho não pareceram ser afetados pelas velocidades medidas. Essa descoberta gerou uma série de questionamentos e levou os alunos a uma interessante discussão sobre as possíveis razões por trás desse resultado. Abaixo estão os depoimentos dos alunos sobre essa discussão:

A1 “*Eu sabia professor, que a massa e o tempo desse carrinho aí não iriam mudar em nada*”

A2 *“Talvez tenhamos que repetir o experimento para que mude o peso do carrinho, sei lá...”*

A3 *“Ohh Pessoal! Vocês não viram o experimento que o professor fez lá dos gêmeos, a velocidade tem que ser alta para mudar a massa e o tempo do carrinho”*

A4 *“ Eu acho que a gente fez essas contas erradas ”*

A discussão entre os alunos sobre os resultados do experimento e a aparente falta de mudança na massa e o tempo do carrinho em relação à velocidade levanta questões interessantes. É perceptível que os alunos são incentivados a questionar, explorar e construir conhecimento por meio de experimentação e discussões reflexivas. Nesse sentido, é positivo ver os alunos se questionando sobre os resultados e propondo diferentes explicações para o fenômeno observado. Essa abordagem promove a construção ativa do conhecimento pelos alunos, incentivando-os a questionar, explorar e refletir sobre os fenômenos observados. Essa abordagem está associada ao ensino por investigação, uma abordagem pedagógica defendida por autores como Pereira et al. (2019), Martins (2017), Barcelos et al. (2019) e Carvalho (2013).

No contexto do ensino por investigação, é encorajador ver os alunos levantando questões e propondo explicações para os resultados do experimento. Suas falas evidenciam a curiosidade e a vontade de compreender o fenômeno de forma mais aprofundada. A fala do aluno A1, que expressa a expectativa de que a massa e o tempo do carrinho não seriam afetados pela velocidade, foi um ponto de partida para uma discussão sobre as concepções prévias dos alunos e a importância de confrontá-las com a evidência científica. Por sua vez, a sugestão do aluno A2 de repetir o experimento foi aproveitada para discutir os limites do método científico e as condições necessárias para observar efeitos relativísticos. Nesse momento foi orientado para os estudantes a refletirem sobre a escala de velocidades necessária para que haja uma mudança perceptível na massa e no tempo do carrinho, levando-os a compreender que esse tipo de experimento está além das possibilidades práticas da sala de aula. Foi proposto que eles refizessem os cálculos utilizando uma velocidade próxima à velocidade da luz. Assim, foi adotado o valor de  $3 \cdot 10^7$  m/s para a velocidade do carrinho. A

seguir, podemos observar os resultados obtidos pelos os estudantes ao refazer os cálculos:

Tabela 11, fonte: Autor, 2023.

Grupo	Massa Relativística (kg)	Tempo Relativístico (s)
Grupo 1	0,462	1,97
Grupo 2	0,387	1,70
Grupo 3	0,502	1,65

A partir dos novos cálculos realizados pelos estudantes, utilizando uma velocidade próxima à velocidade da luz, foi possível obter valores para a massa relativística e o tempo relativístico do carrinho. Esses resultados são significativamente diferentes dos obtidos anteriormente, demonstrando que, em altas velocidades, a massa e o tempo do carrinho é afetada de acordo com os princípios da teoria da relatividade. Essa descoberta foi extremamente relevante para os alunos, pois evidenciou a importância de considerar a relatividade em situações de altas velocidades.

Abaixo estão os depoimentos dos alunos sobre essa discussão:

**A1:** *“Uau professor, olha só como a massa do carrinho mudou com uma velocidade tão alta”*

**A2:** *“Nossa, eu não fazia ideia de que a velocidade muito alta mudava a massa e o tempo desse carrinho aí”*

**A3:** *“Ahh professor, agora os resultados dos cálculos agora estão batendo com aquela simulação dos gêmeos e aquela do foguete”*

A discussão entre os alunos as falas de A1, A2 e A3, reflete a eficácia do ensino por investigação na construção do conhecimento científico. O ensino por investigação, uma abordagem pedagógica defendida por diversos autores, como Pereira et al. (2019), Martins (2017) e Carvalho (2013), teve como objetivo principal engajar os alunos na exploração de fenômenos e na construção ativa do conhecimento. A fala de A1 demonstra que o aluno estava

envolvido no processo de investigação e que o resultado encontrado desafiou suas concepções prévias. A fala de A2 evidencia o processo de construção do conhecimento, no qual o aluno está ativamente engajado em questionar e revisar suas ideias à luz das novas evidências apresentadas. A fala de A3 evidencia a conexão feita pelo aluno entre os resultados do experimento realizado em sala de aula e outras situações nas quais a teoria da relatividade é aplicada, como o paradoxo dos gêmeos e o efeito da dilatação temporal em viagens espaciais. Essa correlação demonstra a capacidade do aluno de transferir o conhecimento adquirido em um contexto para outros, compreendendo a aplicabilidade da teoria da relatividade em diferentes situações.

Essas falas dos alunos evidenciam a efetividade do ensino por investigação ao engajar os estudantes na exploração de fenômenos e na construção ativa do conhecimento científico. Ao estimulá-los a questionar suas concepções, refletir sobre os resultados obtidos e estabelecer conexões com outros contextos, o ensino por investigação promove uma aprendizagem significativa e duradoura.

Após a realização, análise e discussão do experimento, foram apresentados aos estudantes os conceitos de conversão de energia em massa e vice-versa, utilizando a conhecida equação  $E=mc^2$  de Einstein, exemplos práticos foram compartilhados por meio de discussões e vídeos, demonstrando como essa teoria é aplicada em diversos contextos científicos e tecnológicos. Um dos exemplos apresentados foi a energia nuclear, em que a teoria da relatividade é fundamental para compreender a energia liberada durante reações nucleares, como a fissão nuclear em usinas de energia ou a fusão nuclear no Sol. A equação  $E=mc^2$  foi destacada para ilustrar como uma pequena quantidade de massa pode ser convertida em uma quantidade imensa de energia. Além disso, foi discutida a relação entre a medicina nuclear e a famosa equação de Einstein, na qual a medicina nuclear utiliza essa teoria tanto para diagnóstico quanto para tratamento de doenças. Foi ressaltado que a compreensão de como a energia é liberada a partir da conversão de massa possibilita a obtenção de informações médicas valiosas, contribuindo para avanços significativos na área da saúde.

A fim de reforçar a compreensão dos estudantes, foi proposto um desafio aos três grupos de alunos. O desafio consistia em resolver um problema teórico relacionado à energia relativística. Eles deveriam calcular a energia cinética dos carrinhos utilizado no experimento anterior, o qual se desloca a uma velocidade próxima à velocidade da luz, especificamente  $3 \cdot 10^7$  m/s. Além disso, eles utilizariam as massas dos três carrinhos que haviam sido registradas anteriormente. Foi indicado para os alunos a utilizarem usar a seguinte equação da

energia relativística:

$$E = \frac{m \cdot c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Onde:

$E$  é a energia cinética relativística

$m$  é a massa do carrinho

$c$  é a velocidade da luz no vácuo (aproximadamente  $3 \cdot 10^8$  m/s)

$v$  é a velocidade do carrinho

Os resultados dos cálculos dos estudantes podem ser visualizados na tabela a seguir:

Tabela 11, fonte: Autor, 2023.

Grupo	Energia Cinética Relativística do Carrinho (J)
Grupo 1	$\approx 4,868 \cdot 10^8$
Grupo 2	$\approx 4,069 \cdot 10^8$
Grupo 3	$\approx 5,495 \cdot 10^8$

A discussão sobre os cálculos da energia cinética clássica e relativística feitos pelos alunos foi uma oportunidade para explorar os conceitos da física relativística e compará-los com a física clássica. Inicialmente, os alunos calcularam a energia cinética clássica dos carrinhos usando a fórmula  $E = \frac{1}{2}mv^2$ , onde  $m$  é a massa do carrinho e  $v$  é a velocidade do carrinho. Foi explicado para os estudantes que essa fórmula é válida para velocidades muito inferiores à velocidade da luz, o que significa que é apropriada para situações do dia a dia, como carros em estradas ou objetos em movimento em escalas humanas. No entanto, quando as velocidades se aproximam da velocidade da luz, a física clássica não é mais suficiente e a relatividade deve ser levada em consideração.

Comparando os resultados dos cálculos da energia cinética clássica e relativística, os

estudantes puderam observar que, à medida que a velocidade dos carrinhos se aproxima da velocidade da luz, as diferenças entre as energias cinéticas clássicas e relativísticas se tornam significativas. Os estudantes perceberam que ao realizar essa comparação, os alunos percebem que, à medida que a velocidade se aproxima da velocidade da luz, a energia cinética relativística se torna cada vez maior em relação à energia cinética clássica.

Essa discussão pode levar os estudantes a compreender a importância da física relativística em altas velocidades e destacar a necessidade de considerar os efeitos relativísticos em fenômenos que ocorrem em escalas subatômicas, em velocidades próximas à velocidade da luz.

Abaixo estão os depoimentos dos alunos sobre essa discussão:

**A1:** *“Poxa, professor! Não tinha ideia de que tinha uma diferença entre a energia cinética que a gente tava vendo antes e essa da relatividade. É louco demais!”*

**A2:** *“Então, tipo assim, quanto mais rápido o carrinho se move, mais ele fica pesado e com mais energia cinética. É tipo ele ganhando uma energia extra, entendeu?”*

**A3:** *“E pensar que isso acontece quando a velocidade chega perto da velocidade da luz. É completamente maluco!”*

Analisando das falas dos alunos A1, A2 e A3, podemos perceber a importância do ensino por investigação na construção do conhecimento científico e na compreensão dos fenômenos relativísticos. O aluno A1 expressa surpresa ao descobrir a diferença entre a energia cinética que haviam estudado anteriormente e a energia cinética relativística. Isso demonstra como o ensino por investigação permite que os alunos se deparem com novos conceitos e ampliem seus conhecimentos além do que é tradicionalmente ensinado. O aluno A2 demonstra compreensão inicial sobre a relação entre velocidade, massa e energia cinética relativística. Sua interpretação de que o carrinho ganha “energia extra” ao aumentar sua velocidade é uma maneira simplificada de conectar os conceitos, evidenciando os esforços dos alunos em assimilar as novas descobertas. Por fim, o aluno A3 revela uma percepção notável ao mencionar que essas alterações na energia cinética ocorrem quando a velocidade se aproxima da velocidade da luz. Essa compreensão destaca a importância da velocidade limite

e evidencia como o ensino por investigação permite que os alunos compreendam conceitos complexos e suas implicações.

No geral, essas falas dos estudantes demonstram como o ensino por investigação oferece uma abordagem ativa e participativa, estimulando a descoberta e a compreensão aprofundada dos fenômenos científicos, como a energia cinética relativística. Ao permitir que os alunos façam suas próprias descobertas e conexões, o ensino por investigação promove uma aprendizagem significativa.

#### **4.2.4- 4º Momento pedagógico**

Na primeira aula do quarto encontro da intervenção pedagógica, o objetivo foi apresentar os conceitos básicos da teoria da Relatividade Geral para os estudantes. A metodologia adotada nessa aula consistiu em uma apresentação de slides sobre a teoria da Relatividade Geral, seguida de uma discussão em grupo sobre a ideia de que a gravidade é uma curvatura do espaço-tempo. Os alunos foram encorajados a participar ativamente das discussões em grupo, fazendo perguntas e propondo exemplos para ilustrar os conceitos apresentados. A apresentação de slides foi utilizada para explicar os conceitos básicos da teoria da Relatividade Geral. Foi explicado que a gravidade é uma consequência da curvatura do espaço-tempo, que é causada pela presença de massa e energia no universo. Os alunos foram orientados a pensar sobre a relação entre a massa e a energia e a curvatura do espaço-tempo, e como isso afeta a gravidade. Durante a discussão em grupo, os alunos tiveram a oportunidade de fazer perguntas e esclarecer dúvidas sobre a teoria da Relatividade Geral. Foi destacado o papel fundamental dessa teoria para a compreensão do universo e para o desenvolvimento de tecnologias modernas, como os satélites de comunicação e o GPS. Os estudantes também foram encorajados a propor exemplos para ilustrar os conceitos apresentados na aula. Foi discutido como a curvatura do espaço-tempo pode explicar fenômenos como a luz se curvando ao redor de objetos massivos, como uma estrela, e a existência de buracos negros no universo. A avaliação da aula foi realizada por meio da participação ativa dos alunos nas discussões em grupo. Foi avaliada a capacidade dos alunos de compreender e aplicar os conceitos apresentados na aula, bem como a sua capacidade de fazer perguntas e propor exemplos para ilustrar os conceitos apresentados.



Abaixo estão os depoimentos dos alunos sobre essa discussão:

**A1:** *“Mano, professor, foi irado debater sobre como isso explica paradas tipo a luz se curvando e os buracos negros.”*

**A2:** *“Caramba, véi, nunca tinha ligado os pontos entre massa, energia e a curvatura do espaço-tempo. Fiquei chocada com os exemplos que mostraram no vídeo, sério.”*

**A3:** *“Agora tô enxergando a gravidade de um jeito completamente novo, saca? É bem louco.”*

Os depoimentos dos alunos refletem de forma positiva a aplicação das metodologias ativas na aula sobre a teoria da Relatividade Geral. De acordo com Basso (2017), as metodologias ativas promovem a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem, o que fica evidente nas falas dos estudantes. O aluno A1 destaca que foi interessante discutir como a teoria da Relatividade Geral explica fenômenos como a curvatura da luz e a existência de buracos negros. Essa observação demonstra que a discussão em grupo e a apresentação de exemplos foram eficazes em engajar os alunos e despertar o interesse deles pelo tema. Conforme Basso (2017), as metodologias ativas favorecem o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico e a resolução de problemas, o que pode ser observado na capacidade do aluno A1 de relacionar os conceitos discutidos na aula com fenômenos reais. O aluno A2 expressa surpresa e admiração ao perceber a relação entre massa, energia e a curvatura do espaço-tempo. Essa reação indica que a metodologia adotada na aula permitiu que os alunos estabelecessem conexões entre os novos conhecimentos apresentados e seus conhecimentos prévios, como ressalta Moreira (2015). A abordagem ativa estimulou a reflexão e a compreensão do aluno A2, evidenciando o potencial das metodologias ativas para promover a aprendizagem significativa.

Por sua vez, o aluno A3 menciona que passou a enxergar a gravidade de uma forma totalmente diferente. Essa mudança de perspectiva revela o impacto positivo do ensino por investigação na construção do conhecimento dos alunos. De acordo com Perrenoud (2013), as metodologias ativas favorecem a aprendizagem significativa ao permitirem que os alunos

associem os novos conhecimentos aos já existentes em suas mentes. No caso do aluno A3, isso resultou em uma nova compreensão do conceito de gravidade.

Na segunda aula do quarto encontro, explorou-se a relação do GPS com a teoria da relatividade geral de Einstein. Durante essa abordagem, os alunos foram incentivados a investigar e descobrir os princípios fundamentais e os efeitos dessa teoria no sistema de posicionamento global. Os estudantes foram guiados por um processo de descoberta, no qual foram apresentados a questão central sobre como a teoria da relatividade geral influencia a precisão do GPS. Eles foram desafiados a levantar hipóteses e buscar informações relevantes para investigar e compreender melhor esse fenômeno. Durante as atividades, os alunos assistiram um vídeo mostrando como a dilatação do tempo afeta a precisão do GPS. Eles puderam observar como a velocidade dos satélites em órbita ao redor da Terra afeta a dilatação temporal, além de compreenderem a desaceleração dos relógios nos satélites devido à influência gravitacional terrestre. Por meio de discussões em grupo, os alunos foram incentivados a refletir sobre o vídeo, e conectar essas descobertas com os conceitos da teoria da relatividade geral.

Ao longo da aula, os estudantes realizaram análises do vídeo, como o experimento de Hafele-Keating, que confirmou a dilatação temporal prevista pela teoria de Einstein. Esses estudos de caso permitiram que os alunos aplicassem seus conhecimentos adquiridos na investigação do GPS e relacionassem essas descobertas com aplicações práticas.

No encerramento da aula, os estudantes foram convidados a compartilhar suas conclusões e reflexões sobre a relação entre o GPS e a teoria da relatividade geral. Eles foram estimulados a pensar criticamente, e compreender a importância de investigar fenômenos complexos para uma melhor compreensão da ciência.

Abaixo estão os depoimentos dos alunos sobre essa discussão:

*A1: “Mano, eu nem tinha parado pra pensar que a teoria da relatividade geral do Einstein podia mexer com o GPS, saca? Foi demais descobrir como a dilatação do tempo afeta a precisão das medições. Agora entendi direitinho por que o GPS tem que levar essas paradas em consideração pra funcionar certinho.”*

*A2: “Ver como a teoria da relatividade geral mexe direto com o GPS nos faz perceber como é importante entender fenômenos*

*complexos pra gente entender melhor o mundo, né?*

*A3: “No começo tava meio perdido, mas com as conversas em grupo e o vídeo que a gente viu, deu pra ligar os pontos. Foi interessante perceber como a gravidade da Terra afeta a desaceleração dos relógios nos satélites. Nunca tinha pensado que a gravidade podia ser tão importante”*

A aula em questão demonstra a aplicação de metodologias ativas, conforme discutido pelos autores como Carvalho (2013) que ressalta a importância de instigar a curiosidade e o senso de investigação dos alunos, incentivando-os a levantar hipóteses e buscar informações relevantes. Silva, Masetto e Moran (2007) destacam a necessidade de conectar o conteúdo estudado com situações do cotidiano, promovendo a aprendizagem significativa. Borges (2018) enfatiza a importância de proporcionar momentos de discussão e reflexão em grupo, incentivando a troca de ideias entre os estudantes.

É possível observar a influência dessas abordagens através do processo de descoberta guiada, na qual os estudantes foram instigados a investigar e compreender a relação entre a teoria da relatividade geral de Einstein e o sistema de posicionamento global (GPS). O aluno A1 destaca a surpresa em descobrir a influência da teoria da relatividade geral no funcionamento do GPS e reconhece a importância de levar em consideração essa influência para garantir a precisão das medições. Isso indica uma compreensão mais aprofundada sobre o fenômeno. O aluno A2 reconhece a importância de entender fenômenos complexos para uma compreensão mais abrangente do mundo. Essa percepção evidencia que os alunos foram incentivados a refletir sobre a relevância da investigação científica e do estudo de fenômenos complexos para uma melhor compreensão do mundo ao seu redor. O aluno A3 relata que, inicialmente, estava perdido, mas por meio das discussões em grupo e do vídeo assistido, conseguiu fazer conexões e compreender como a gravidade da Terra afeta a desaceleração dos relógios nos satélites. Esse relato demonstra a importância das interações em grupo e do uso de recursos audiovisuais como ferramentas eficazes no processo de aprendizagem.

#### 4.2.5- 5º Momento pedagógico

No quinto encontro da intervenção pedagógica sobre a teoria da relatividade, os objetivos da aula foram voltados para uma atividade prática com o intuito de ilustrar a curvatura do espaço-tempo em torno de um objeto massivo. A aula teve duração de 45 minutos e foi realizada com o auxílio de materiais disponíveis na escola. A metodologia utilizada consistiu na criação de uma representação em miniatura da curvatura do espaço-tempo, onde os estudantes puderam observar e entender melhor o conceito abstrato de curvatura do espaço-tempo que é central na teoria da relatividade geral. Para isso, foram utilizados materiais simples como um pedaço de tecido azul e objetos com massas diferentes. A atividade prática começou com uma breve explicação sobre a curvatura do espaço-tempo e como ela é influenciada pela massa de um objeto. Em seguida, foi feita a simulação da curvatura do espaço-tempo em torno de um objeto massivo usando um pedaço de tecido azul. Os estudantes foram instruídos a colocar o objeto pesado no meio do pedaço de tecido azul e em seguida, esticar para que ele ficasse bem esticado. Em seguida, eles observaram como o tecido foi curvado em torno do objeto e como isso representa a curvatura do espaço-tempo em torno de um objeto massivo. A avaliação da aula foi feita através da participação ativa dos estudantes na atividade prática e na discussão em grupo sobre a curvatura do espaço-tempo. Os estudantes foram capazes de fazer perguntas relevantes e demonstrar entendimento dos conceitos abordados na aula, o que indica que a metodologia utilizada foi efetiva em alcançar os objetivos propostos.

Abaixo estão os depoimentos dos alunos sobre essa discussão:

A1 *“Eu achei a experiência muito interessante professor. Foi legal poder interagir com os materiais e observar a curvatura acontecendo na nossa frente.”*

A2 *“Mano, essa experiência foi muito show! O tecido azul se curvando em volta do objeto foi uma parada que eu não esperava”*

A3 *“Foi irado participar dessa atividade! Ver o tecido azul se curvando em torno do objeto foi demais. Agora eu consigo*

*imaginar melhor como a gravidade funciona”*

*A4 “Essa experiência foi boa professor. Mexer com o tecido e ver ele se curvando foi uma parada muito interessante. Achei bem legal poder aprender de uma forma prática, o que foi mostrando no vídeo”*

Os depoimentos dos alunos refletem uma resposta positiva em relação à metodologia de ensino por investigação utilizada durante a aula sobre a teoria da relatividade. Podemos identificar elementos que estão alinhados com as características e objetivos dessa abordagem, conforme discutido por Carvalho (2013), Silva et al. (2018) e Oliveira (2013). Primeiramente, é perceptível o engajamento dos alunos na atividade prática proposta. A fala do aluno A1 destaca a interação com os materiais e a observação direta da curvatura do espaço-tempo. Esse tipo de experiência prática é uma das características-chave da metodologia de ensino por investigação, que busca envolver os estudantes em atividades concretas e desafiadoras para promover uma aprendizagem significativa. Os estudantes também demonstram surpresa e entusiasmo em relação ao resultado da atividade. As falas de A2 e A3 evidenciam a reação positiva ao presenciarem o tecido azul se curvando em torno do objeto, o que ajudou a visualizar e compreender melhor o conceito abstrato de curvatura do espaço-tempo. Essa abordagem ativa permitiu que os estudantes construíssem o conhecimento por meio da exploração e experimentação, despertando o interesse e a motivação para aprender. Além disso, é mencionado o papel da metodologia em promover uma compreensão mais clara e ampla do assunto abordado. A fala de A3 destaca que a experiência permitiu que ele imaginasse melhor como a gravidade funciona. Esse resultado está alinhado com o objetivo da metodologia de ensino por investigação de promover o desenvolvimento do pensamento crítico e a construção de conceitos de forma contextualizada e significativa.

Por fim, é relevante ressaltar que os alunos demonstraram participação ativa durante a aula, conforme mencionado na avaliação realizada. A capacidade dos estudantes de fazer perguntas relevantes e demonstrar entendimento dos conceitos abordados indica que a metodologia utilizada foi efetiva em alcançar os objetivos propostos. Essa interação e engajamento são aspectos valorizados nas metodologias ativas, que buscam promover a autonomia e a participação dos alunos no processo de aprendizagem.

Na segunda aula do quinto encontro da intervenção pedagógica sobre a teoria da relatividade, os objetivos da aula foram sintetizar os conceitos abordados durante todas as

aulas e realizar uma revisão geral da matéria. A metodologia utilizada foi uma atividade em grupo, em que os alunos puderam visitar os conceitos apresentados nas aulas anteriores e verificar o que haviam aprendido. A aula começou com a distribuição dos alunos em dois grupos e a explicação da atividade que seria realizada. Os alunos foram orientados a discutir entre si os conceitos que foram apresentados nas aulas anteriores e a sintetizar o que haviam aprendido em uma apresentação oral. Os grupos foram incentivados a usar diferentes recursos, como desenhos, diagramas, mapas mentais e exemplos, para tornar a apresentação mais clara e interessante para os colegas de classe. Os alunos tiveram cerca de 20 minutos para trabalhar em seus grupos e preparar a apresentação. Após o término do tempo de preparação, cada grupo fez uma apresentação oral de 5 minutos, explicando os principais conceitos e ideias que haviam aprendido durante as aulas. Durante as apresentações, os outros grupos puderam fazer perguntas e discutir os conceitos que foram apresentados. Ao final da aula, os alunos tiveram a oportunidade de fazer uma reflexão sobre o que haviam aprendido durante toda a intervenção pedagógica. A avaliação foi feita de forma contínua, durante toda a intervenção, observando a participação e o engajamento dos alunos nas aulas, bem como a qualidade das atividades realizadas e a compreensão dos conceitos apresentados.

O Grupo 1 fez uma apresentação utilizando um mapa mental para explicar os principais conceitos da teoria da relatividade de forma clara e interessante. Eles abordaram a dilatação do tempo, que é quando o tempo passa mais devagar para um objeto em movimento em relação a um objeto em repouso. Também mencionaram a dilatação do espaço-tempo, destacando como a velocidade afeta a estrutura do espaço e do tempo, resultando em uma expansão do espaço-tempo. Além disso, o grupo falou sobre as referências inerciais, ressaltando que diferentes observadores têm perspectivas relativas e que a teoria da relatividade leva isso em consideração. Eles também mencionaram a contração do espaço, explicando como os objetos em movimento parecem encolher na direção do movimento.

Um ponto importante abordado foi a velocidade da luz como limite máximo, mostrando que nada pode superar ou igualar a velocidade da luz. Abaixo, podemos conferir as falas mais relevantes da apresentação desse grupo:

*A1 “E aí, pessoal! Olhem só o mapa mental que a gente criou pra explicar a teoria da relatividade. Dá uma olhada!”*

*A2 “No meio do mapa, colocamos “Teoria da Relatividade especial” e ligamos setas pra vários conceitos importantes.*

*A3 “Temos a “Dilatação do Tempo”. É tipo quando você tá se movendo rápido, o tempo passa mais devagar pra você em comparação com alguém parado, é igual àquela experiência dos gêmeos”*

*A1 “Temos aqui também a Velocidade da Luz como Limite Máximo”. Nada pode ser mais rápido que a luz, ela tem uma velocidade máxima”*

*A5 “Pessoal temos aqui também a contração do Espaço. Quando você tá se movendo rápido, as coisas parecem encolher, é bem louco (Risadas)!”*

Ao utilizar o mapa mental, o grupo 1 envolveu os colegas na visualização dos conceitos, incentivando a participação ativa e a reflexão sobre os princípios da relatividade. As falas do Grupo 1 demonstram um ambiente de aprendizagem colaborativo, em que os alunos compartilham seus conhecimentos e experiências. Isso demonstra uma abordagem que valoriza a participação dos alunos no processo de aprendizagem, em linha com o princípio do ensino por investigação destacado por Carvalho (2013), Serafini (2016) e entre outros autores.

A seguir, podemos visualizar o mapa mental produzido pelo grupo 1 de estudantes:

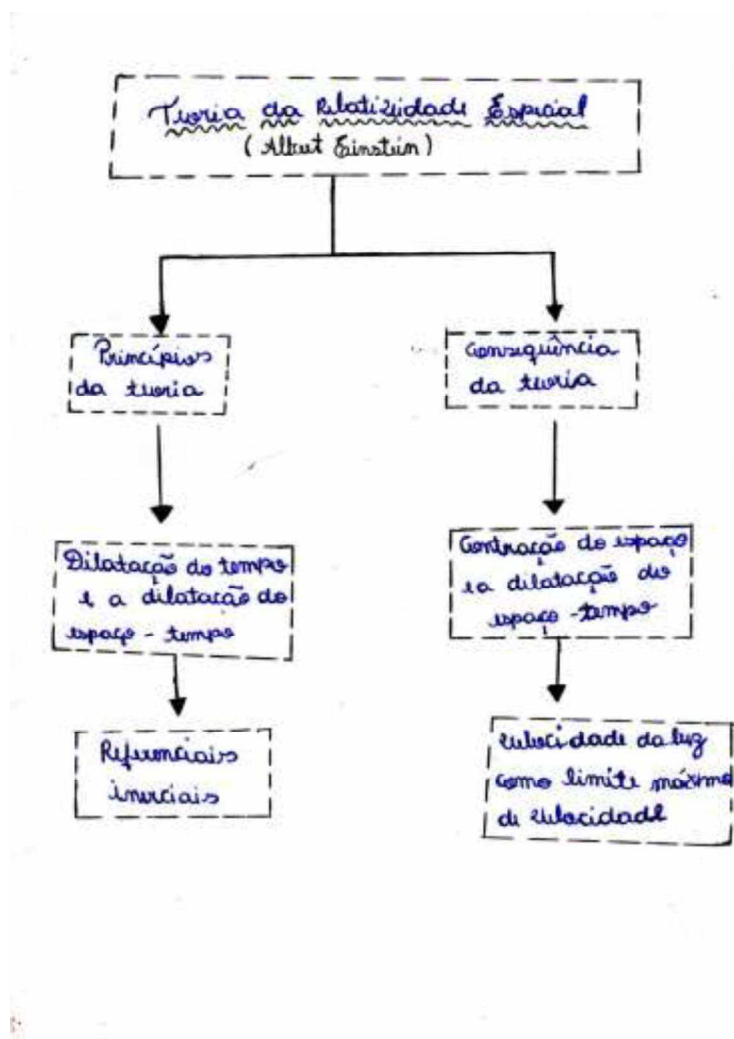


Figura 15: fonte: autor, 2023

O grupo 2 de estudantes compartilharam seu conhecimento sobre a Teoria da Relatividade e sua relação com o GPS, apresentando também um mapa mental na sala de aula. Um dos alunos explicou que a Teoria da Relatividade é composta por dois aspectos principais: a Relatividade especial e a Relatividade Geral. Com uma linguagem descontraída, eles descreveram a Relatividade Restrita como algo que Einstein lançou em 1905, destacando que essa parte da teoria aborda a velocidade e seus efeitos. Os estudantes continuaram entusiasmados ao mostrar a conexão entre a Relatividade especial e o GPS. Explicaram que os satélites do GPS estão em movimento rápido no espaço, o que causa uma dilatação do tempo. Ao prosseguirem, destacaram a importância da sincronização dos relógios dos satélites com os da Terra para garantir a precisão do sistema de posicionamento GPS. Enfatizaram que, sem esse ajuste constante, a precisão do GPS seria comprometida. Em seguida, mencionaram a Relatividade Geral e seu papel na curvatura do espaço-tempo causada pela presença de



objetos massivos, como planetas e estrelas. Fizeram questão de destacar o efeito de lente gravitacional, que ocorre quando a luz de objetos distantes é curvada pela gravidade desses objetos massivos. Os alunos resumiram como a Teoria da Relatividade se relaciona com o GPS. Eles destacaram que a sincronização dos relógios dos satélites é fundamental para corrigir as diferenças de tempo causadas pelo movimento desses satélites, garantindo a precisão do sistema de posicionamento.

Abaixo, podemos conferir as falas mais relevantes da apresentação desse grupo:

*A1: “E aí, galera! Bora falar sobre a Teoria da Relatividade e o GPS? Olha só esse mapa mental que montamos, tá bem maneiro (Risadas)”*

*A2: “Beleza, pessoal! No mapa, a gente divide a Teoria da Relatividade em duas partes: a Relatividade Restrita e a Relatividade Geral. A Relatividade Restrita, que o Einstein soltou em 1905, fala sobre a velocidade e como ela afeta as coisas.”*

*A3: “É isso aí é a parte que a Relatividade especial tem tudo a ver com o GPS. Os satélites do GPS estão em movimento rápido lá no espaço, e por causa disso, o tempo passa mais devagar pra eles”*

*Aluno 4: “É isso mesmo A3 pra garantir que os relógios dos satélites e os da Terra estejam sincronizados, os caras fazem ajustes. Porque se não fizerem isso, o GPS vai pro espaço, literalmente! (Risadas)”*

*A1: “E aí vem a Relatividade Geral, que é a outra parte da teoria. Ela explica como a gravidade curva o espaço-tempo ao redor de objetos com massa alta, tipo o sol”*

*A2: “E olha só, isso também tem a ver com o efeito de lente gravitacional professor, que nós pesquisamos aqui. A luz que vem de objetos distantes pode ser curvada quando passa perto de uma massa gigante”*

*A3: “E pra resumir, a gente mostra no mapa como tudo isso se*

*relaciona com o GPS. Por causa da Relatividade especial, a sincronização dos relógios dos satélites é super importante pra precisão do sistema do GPS.”*

*A4: “É isso mesmo, pessoal! A Teoria da Relatividade é importante pra entender e corrigir as diferenças de tempo causadas pelo movimento dos satélites do GPS. E graças a ela, a gente consegue se localizar direitinho usando o GPS no celular, tipo quando a gente vai para João Pessoa e não conhece nada lá, o GPS é bem preciso quando estamos se movimentado no carro”*

Os alunos demonstraram um alto nível de envolvimento e entusiasmo ao apresentar suas falas, o que sugere que a abordagem prática adotada na criação do mapa mental proporcionou uma experiência mais envolvente e significativa para eles. De acordo com Abril et al. (2017), as atividades práticas são uma ferramenta importante para tornar o ensino da Física mais concreto e significativo para os alunos. Essa afirmação é corroborada pelas falas dos alunos, pois eles utilizaram uma abordagem prática ao criar um mapa mental sobre a Teoria da Relatividade e sua relação com o GPS. Ao visualizar as informações de forma organizada e visualmente atraente, os alunos foram capazes de compreender os conceitos de forma mais concreta.

Seguindo a perspectiva de Santos et al. (2020), a realização de atividades práticas em sala de aula permite que os alunos compreendam os conceitos teóricos de forma mais efetiva e tenham a oportunidade de aplicar esses conceitos em situações reais. No caso dos alunos que apresentaram o mapa mental sobre a Teoria da Relatividade e o GPS, eles foram capazes de relacionar os conceitos teóricos com a aplicação prática no sistema de posicionamento GPS. Ao mencionar a importância da sincronização dos relógios dos satélites do GPS e sua relação com a precisão do sistema, os estudantes demonstraram uma compreensão efetiva da aplicação dos conceitos teóricos em uma situação real. Isso mostra que as atividades práticas, como a criação do mapa mental, proporcionaram aos alunos a oportunidade de aplicar os conceitos teóricos estudados em um contexto concreto e significativo.

Em resumo, as falas dos alunos relacionam-se com o ensino por investigação, conforme defendido por Abril et al. (2017) e Santos et al. (2020), Carvalho (2013) ao demonstrarem a importância das atividades práticas para tornar o ensino da Física mais concreto, significativo e efetivo. A criação do mapa mental e a exploração da relação entre a

Teoria da Relatividade e o GPS permitiram aos alunos compreender os conceitos teóricos de forma mais efetiva e aplicá-los em situações reais, promovendo uma aprendizagem mais significativa.

A seguir, podemos visualizar o mapa mental produzido pelo grupo 2 de estudantes:

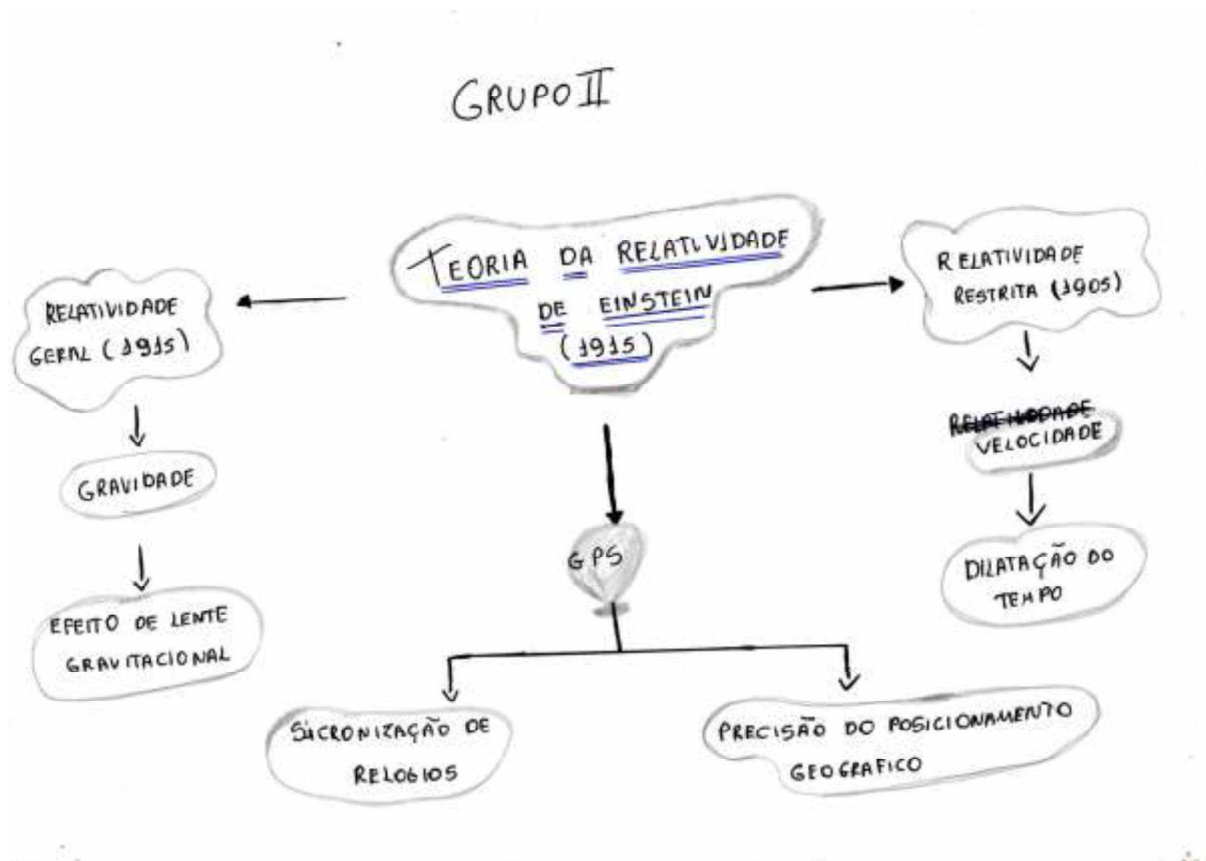


Figura 16: fonte: Autor, 2023

Em geral, a aula foi bem-sucedida em atingir seus objetivos, permitindo que os alunos pudessem revisar e consolidar os conceitos aprendidos ao longo da intervenção pedagógica. Além disso, a atividade em grupo permitiu que os alunos compartilhassem ideias e experiências e desenvolvessem habilidades de trabalho em equipe e de comunicação. A intervenção pedagógica como um todo foi bem avaliada pelos alunos, que destacaram a importância de aprender sobre a teoria da relatividade e como ela pode ser aplicada em suas vidas cotidianas.

#### 4.2.6- Mapas conceituais e o entendimento dos alunos

A teoria da aprendizagem significativa, criada por David Ausubel, diz que aprender é mais eficaz quando ligamos o novo conhecimento ao que já sabemos. Ou seja, é importante haver uma conexão lógica entre o que aprendemos de novo e as ideias que já temos em nossa mente. Isso é diferente da simples memorização, em que apenas decoramos informações sem realmente entendê-las completamente. O uso de mapas conceituais pelos grupos de estudantes indica uma tentativa de construção de significado a partir dos conceitos da teoria da relatividade. Ao criar os mapas mentais, os alunos organizam visualmente as informações, identificam conexões e relacionamentos entre os conceitos, o que facilita a compreensão e a retenção do conhecimento. Dessa forma, os alunos são encorajados a desenvolver uma aprendizagem mais significativa, ao invés de apenas memorizar conceitos isolados. Além disso, ao utilizar diferentes recursos, como desenhos, diagramas, mapas mentais e exemplos, os grupos de estudantes demonstram uma abordagem multimodal de aprendizagem, o que pode ajudar diferentes tipos de alunos a compreender os conceitos de maneiras diversas e mais acessíveis.

Moreira (2006) também aborda a importância da aprendizagem significativa, destacando que a aprendizagem deve ser um processo ativo em que o estudante relacione o novo conhecimento com seus conhecimentos prévios, construindo assim uma compreensão mais profunda do assunto. Nesse contexto, a atividade em grupo proposta na aula, em que os alunos discutem e sintetizam os conceitos, contribui para a construção do conhecimento de forma colaborativa. A metodologia adotada, de permitir que os grupos apresentem suas sínteses e expliquem os conceitos, cria um ambiente interativo e de aprendizagem ativa, permitindo que os alunos se envolvam com o conteúdo de forma mais significativa. Isso pode aumentar o interesse e a motivação dos estudantes, tornando o aprendizado mais efetivo.

Além disso, a atividade de reflexão ao final da aula permite que os alunos consolidem o conhecimento adquirido e identifiquem o que aprenderam ao longo da intervenção pedagógica. Essa reflexão é uma oportunidade para que os estudantes percebam as conexões entre os novos conceitos e suas experiências prévias, o que fortalece a aprendizagem significativa.

#### 4.2.7- 6º Momento pedagógico

No sexto e último encontro da intervenção pedagógica, a aula foi focada na avaliação dos alunos em relação ao aprendizado dos conteúdos de relatividade especial e geral. O objetivo foi aplicar um questionário de pós-teste para avaliar a compreensão dos alunos em relação aos conceitos ensinados por meio da metodologia de investigação, que incorpora experimentos e simuladores digitais como recursos pedagógicos. A aula começou com uma breve explicação sobre o objetivo do questionário e a importância de a avaliação ser realizada para avaliar o nível de compreensão dos alunos em relação aos conceitos ensinados. Em seguida, os alunos receberam o questionário e foram orientados a estática-lo individualmente. Ao final da aula, os alunos entregaram o questionário preenchido.

#### 4.3 Percepção dos estudantes sobre a prática pedagógica

O objetivo do questionário pós-teste (Anexo B) foi avaliar como os estudantes perceberam a proposta pedagógica que envolveu as atividades investigativas. O questionário foi aplicado no último encontro para permitir uma avaliação mais precisa da percepção dos alunos em relação à metodologia utilizada durante a intervenção pedagógica. Os dados coletados por meio do questionário foram utilizados para uma análise superficial dos resultados. Para isso, foram realizadas a pré-análise das respostas às perguntas do questionário final e a exploração do material. Em seguida, as respostas foram analisadas com base nas concepções empíricas dos pesquisadores e nas informações fornecidas pelos autores sobre os conteúdos abordados. Durante o dia da aplicação do questionário pós-teste só estavam presentes 30 estudantes.

Para as respostas da primeira questão: **(A maneira que os conteúdos das teorias da relatividade especial e geral foram abordados em sala de aula, favoreceu o seu entendimento com relação aos conceitos das teorias relatividade? Por quê?**

<b>Aluno</b>	<b>Respostas</b>	<b>Categoria</b>
A1	<i>“Sim eu achei muito interessante, pois eu consegui entender esses conteúdos de forma melhor”</i>	Favoreceu o entendimento
A2	<i>“Sim, pois as aulas ficaram mais interativas”</i>	Favoreceu o entendimento
A3	<i>“Eu gostei bastante, não imaginava que poderíamos aprender física dessa maneira”</i>	Favoreceu o entendimento
A5	<i>“Sim”</i>	Não especificado
A6	<i>“Sim, aulas foram ótimas”</i>	Favoreceu o entendimento
A7	<i>“Sim, eu gostei muito”</i>	Favoreceu o entendimento
A8	<i>“Sim, os experimentos foram bem bacanas”</i>	Favoreceu o entendimento
A9	<i>“Foi muito bom, gostei muito daqueles simuladores”</i>	Favoreceu o entendimento
A10	<i>“Sim, as aulas foram ótimas”</i>	Favoreceu o entendimento
A11	<i>“Sim, as aulas foram ótimas”</i>	Favoreceu o entendimento
A12	<i>“Sim, porque o professor explicou de um jeito fácil de entender, usando exemplos que usamos no dia a dia”</i>	Favoreceu o entendimento
A13	<i>“Sim, porque o professor deu espaço para a gente fazer perguntas e discutir os assuntos das teorias da relatividade.”</i>	Favoreceu o entendimento

A14	<i>“Sim, porque o professor fez atividades em grupo e com experimentos que nos ajudaram a aplicar os conceitos das teorias da relatividade.”</i>	Favoreceu o entendimento
A15	<i>“Sim, porque o professor usou simulações no notebook para nos mostrar como funcionam as teorias da relatividade”</i>	Favoreceu o entendimento
A16	<i>“As aulas foram boas, só que esse conteúdo ainda é um pouco confuso”</i>	Não favoreceu o entendimento
A17	<i>“Sim, as aulas foram ótimas”</i>	Favoreceu o entendimento
A18	<i>“Eu gostei bastante das aulas desse professor, eu aprendi muito com os experimentos e os debates nas aulas”</i>	Favoreceu o entendimento
A19	<i>“Sim, foram ótimas”</i>	Favoreceu o entendimento
A20	<i>“Só não gostei muito, porque as aulas demoravam demais”</i>	Não favoreceu o entendimento
A21	<i>“Mais ou menos, eu consegui entender bem os conteúdos, eu só achei que deveria ter mais aulas”</i>	Favoreceu o entendimento
A22	<i>“Sim, gostei muito”</i>	Favoreceu o entendimento
A23	<i>“Sim”</i>	Não especificado
A24	<i>“Sim”</i>	Não especificado
A25	<i>“Sim, gostei muito”</i>	Favoreceu o entendimento

A26	<i>“Sim”</i>	Favoreceu o entendimento
A27	<i>“Gostei, as aulas foram bem divertidas”</i>	Favoreceu o entendimento
A28	<i>“Sim, gostei das aulas”</i>	Favoreceu o entendimento
A29	<i>“Sim”</i>	Favoreceu o entendimento
A30	<i>“Sim”</i>	Favoreceu o entendimento

**Tabela 13, fonte: autor, 2023**

A partir das respostas fornecidas pelos estudantes sobre a abordagem do ensino das teorias da relatividade especial e geral, é possível observar uma variedade de perspectivas e percepções. Vamos analisar e discutir essas respostas em detalhes. Uma parcela significativa dos alunos expressou satisfação com a forma como os conteúdos foram abordados em sala de aula. Muitos mencionaram que as aulas foram interessantes, interativas e ótimas, o que favoreceu o entendimento dos conceitos das teorias da relatividade. Alguns alunos destacaram a importância dos experimentos e atividades em grupo, que permitiram aplicar os conceitos aprendidos de forma prática. Além disso, a utilização de simuladores e recursos tecnológicos, como simulações no notebook, foi mencionada como uma ferramenta eficaz para compreender o funcionamento das teorias da relatividade. Esses estudantes valorizaram a abordagem didática do professor, que explicou de maneira clara e acessível, usando exemplos do cotidiano.

Ao analisar as respostas dos alunos sobre o ensino das teorias da relatividade, podemos relacioná-las a abordagens pedagógicas discutidas por Pimentel (2016), que enfatiza a importância de atividades que promovam a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento. De fato, várias respostas indicaram que atividades como experimentos, discussões em grupo e resolução de problemas foram realizadas durante as aulas. Essas metodologias estão alinhadas com as propostas de Pimentel, pois permitem que os alunos se envolvam ativamente no processo de aprendizagem, promovendo uma compreensão mais



profunda dos conceitos das teorias da relatividade.

Além disso, a aprendizagem baseada em projetos, mencionada por Schöner et al. (2020), também pode ser relacionada às respostas dos alunos. Através dessa abordagem, os estudantes tiveram a oportunidade de aplicar praticamente os conhecimentos adquiridos durante as aulas, o que contribui para a compreensão dos conceitos e estimula o desenvolvimento de habilidades como trabalho em equipe e resolução de problemas complexos. Diversos alunos destacaram a realização de atividades práticas, como experimentos e simulações, que os ajudaram a aplicar os conceitos das teorias da relatividade. Essas experiências práticas podem ser consideradas como exemplos da aprendizagem baseada em projetos, corroborando com as ideias discutidas por Schöner et al. (2020).

A abordagem do professor também é citada pelos os estudantes. Como apontado por Carvalho (2013), ao utilizar questões e promover discussões em sala de aula, o professor incentiva os alunos a buscar evidências, justificativas e a sistematizar seus raciocínios. Diversos alunos mencionaram a importância do professor em explicar de forma clara e acessível os conceitos, além de permitir a interação e discussão em sala de aula. Essas práticas estão alinhadas com a perspectiva apresentada por Carvalho (2013), que ressalta a importância do papel do professor como facilitador da construção do conhecimento pelos estudantes.

No entanto, também houve algumas respostas que indicaram certa dificuldade de compreensão dos conteúdos. Alguns alunos mencionaram que as aulas foram boas, mas reconheceram que os conceitos das teorias da relatividade ainda são um pouco confusos. Essas respostas podem indicar a complexidade intrínseca desses temas e a necessidade de um acompanhamento mais aprofundado para uma compreensão completa.

Outro aspecto relevante é a percepção dos alunos em relação à duração das aulas. Enquanto a maioria expressou satisfação com a dinâmica e o formato das aulas, um aluno mencionou que as aulas demoravam demais. Essa observação destaca a importância de encontrar um equilíbrio entre a profundidade do conteúdo abordado e a capacidade dos alunos de absorvê-lo sem se sentirem sobrecarregados. É interessante notar que alguns alunos não forneceram detalhes adicionais em suas respostas, limitando-se a responder “sim”. Essas respostas não permitem uma análise mais aprofundada sobre sua percepção. Seria benéfico obter mais informações desses alunos para compreender melhor suas experiências e opiniões.

Para as respostas da segunda questão: **(Você acredita que os temas e conteúdos que**

foram abordados são importantes? Justifique)

Tabela 14 fonte: autor, 2023.

Aluno	Resposta	Categoria
A1	<i>“Eu acho que esses temas e conteúdos são muito massa. Eles ajudam a entender melhor como funciona o universo e deixam a gente com aquela vontade de saber mais!”</i>	Importância/Interesse
A2	<i>“Com certeza! Esses assuntos são da hora porque nos fazem pensar e questionar tudo o que a gente achava que sabia.</i>	Importância/Interesse
A3	<i>“Ah, eu curti demais esses temas! Eles mostram como as coisas podem ser diferentes dependendo do ponto de vista e como o universo é cheio de mistérios. É bem interessante!”</i>	Importância/Interesse
A4	<i>“Eu acho esses temas superimportantes! Eles nos fazem ver que o tempo e o espaço não são só coisas normais, tem um monte de coisa maluca acontecendo por aí. É tipo descobrir um universo paralelo!”</i>	Importância/Interesse
A5	<i>“Pra mim, esses assuntos são essenciais. Eles nos mostram que as leis da física não são aquelas coisas engessadas, elas podem mudar dependendo da situação.”</i>	Importância/Interesse
A6	<i>“Esses temas são muito daora! Eles nos fazem ver que a nossa ideia de tempo e espaço pode ser diferente do que a gente imaginava. É como se a gente tivesse um novo</i>	Importância/Interesse

	<i>jeito de enxergar o mundo!”</i>	
A7	<i>“Acho que esses temas são muito importantes porque nos fazem pensar! Eles nos mostram que tem coisas além do que a gente vê e que o universo é cheio de surpresas.”</i>	Importância/Interesse
A8	<i>“Esses assuntos são top, eles nos ajudam a entender melhor como a gravidade funciona e como ela afeta o tempo.”</i>	Importância/Interesse
A9	<i>“Eu acredito que esses temas são da hora, porque nos fazem ver que o mundo é cheio de possibilidades. Eles nos mostram que tem coisas que a gente nem imagina acontecendo por aí, é tipo um universo cheio de surpresas!”</i>	Importância/Interesse
A10	<i>“Esses temas são demais! Eles nos fazem questionar nossas ideias sobre o tempo e o espaço.”</i>	Importância/Interesse
A11	<i>“Sim”</i>	Resposta breve
A12	<i>“Sim, pois tem relação com o mundo em que vivemos e as tecnologias como o GPS”</i>	Resposta breve
A13	<i>“Sim, tem ligação com tudo ao nosso redor”</i>	Resposta breve
A14	<i>“Sim”</i>	Resposta breve

A15	<i>“Esses temas são muito importantes! Eles nos mostram que o tempo não é só aquele negócio linear, tem um monte de coisas interferindo nele”</i>	Importância/Interesse
A16	<i>“Ah, eu curto demais esses assuntos! Eles nos fazem ver que a nossa realidade pode ser bem diferente do que a gente imagina. É como se a gente estivesse desbravando os mistérios do universo!”</i>	Importância/Interesse
A17	<i>“Esses assuntos são sensacionais! Eles nos fazem ver que a nossa percepção do tempo e do espaço”</i>	Importância/Interesse
A18	<i>“Esses assuntos são essenciais demais! Eles nos mostram que a física é muito mais complexa e interessante do que a gente imagina”</i>	Importância/Interesse
A19	<i>“Eu acredito que esses temas são importantes para entendermos o mundo como funciona”</i>	Importância/Interesse
A20	<i>“Sim”</i>	Resposta breve
A21	<i>“Sim, pois eles nos mostram que a física não é só fórmulas chatas”</i>	Importância/Interesse
A22	<i>“Sim, são importantes para tudo”</i>	Importância/Interesse

A23	<i>“Esses temas são top! Eles nos mostram que as coisas não são como parecem, tem um monte de coisa acontecendo no universo. É tipo abrir a mente pra um novo mundo!”</i>	Importância/Interesse
A24	<i>“Eu acredito que esses temas são mega importantes! Eles nos fazem entender que a realidade não é tão simples assim, tem uma complexidade incrível por trás de tudo!”</i>	Importância/Interesse
A25	<i>“Sim, tem uma grande importância”</i>	Resposta breve
A26	<i>“Esses temas são demais. Eles nos mostram que a ciência é cheia de mistérios e que tem muita coisa pra ser explorada”</i>	Importância/Interesse
A27	<i>“Esses assuntos são indispensáveis! Eles nos fazem ver que as leis da física não são fixas, elas podem se adaptar às circunstâncias”</i>	Importância/Interesse
A28	<i>“Sim, pois eles nos abrem os olhos para a complexidade do mundo lá fora”</i>	Importância/Interesse
A29	<i>“Sim, pois esse tema de relatividade nos mostram que a ciência está em constante evolução e que sempre tem algo novo pra aprender”</i>	Importância/Interesse
A30	<i>“Sim”</i>	Resposta breve

As respostas foram categorizadas em duas categorias principais: “Importância/Interesse” e “Resposta breve”. A categoria “Importância/Interesse” engloba respostas que expressam a importância dos temas e conteúdos abordados, o interesse despertado pelos mesmos e as diferentes perspectivas proporcionadas. Já a categoria “Resposta breve” engloba respostas curtas que não fornecem uma justificativa explícita.

Ao analisar as respostas dos alunos e a efetividade da intervenção pedagógica, é possível identificar a importância do papel do professor na condução do processo de ensino e aprendizagem. Conforme destacado por Carvalho (2013), o professor desempenha um papel fundamental ao incentivar os alunos a buscar evidências em seus dados, justificar suas respostas e sistematizar raciocínios. Essa abordagem ativa, em que os alunos são estimulados a refletir e construir seu conhecimento, promove uma compreensão mais profunda dos conceitos abordados

A análise das respostas dos alunos, mostrou que os estudantes expressaram sua crença na importância e relevância dos temas de relatividade especial e geral, destacando como eles expandiram sua compreensão do universo, despertaram sua curiosidade e os fizeram questionar suas concepções prévias. As respostas evidenciam que a abordagem pedagógica baseada na investigação e na aplicação prática dos conceitos científicos teve um impacto significativo nos alunos. O uso de experimentos e simuladores online proporcionou uma experiência mais imersiva e interativa, permitindo que os alunos explorassem as teorias da relatividade de maneira mais concreta e visual. Além disso, as respostas também refletem a mudança na percepção dos alunos sobre o mundo ao seu redor. Eles mencionam como os temas abordados os fizeram compreender que a realidade pode ser mais complexa e fascinante do que eles imaginavam. Essa ampliação de perspectiva é um indicativo de que a intervenção pedagógica teve sucesso em promover uma reflexão crítica e uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos.

A contextualização dos conteúdos, como mencionado por Marcondes et al. (2018), é outra estratégia relevante no processo de ensino. Relacionar os conceitos da Física com situações cotidianas permitiu que os estudantes percebessem a aplicabilidade e a relevância dos conteúdos estudados em suas vidas diárias, como o aluno A12 faz a conexão entre os conteúdos de relatividade e o GPS. Essa conexão entre a teoria e a prática torna o aprendizado mais significativo e desperta o interesse dos estudantes, ao compreenderem como os conceitos da relatividade podem se manifestar no mundo real.

É notável que os estudantes se sentiram estimulados a pensar além das fórmulas e conceitos teóricos, enfatizando a importância de compreender a aplicação prática das teorias

da relatividade no mundo real. Eles mencionam a relevância desses temas para entender o funcionamento do universo, as tecnologias modernas, a gravidade, as leis da física e a forma como percebemos o tempo e o espaço.

A intervenção pedagógica com ensino por investigação e o uso de experimentos e simuladores online foram eficazes em despertar o interesse dos alunos, proporcionar uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos e mostrar a aplicabilidade desses temas em suas vidas cotidianas. Essa abordagem pedagógica promoveu o envolvimento ativo dos alunos em seu próprio processo de aprendizagem, estimulando a curiosidade, a reflexão crítica e o pensamento científico. No entanto, é importante ressaltar que duas respostas foram breves e não forneceram justificativas explícitas. Isso pode indicar uma possível falta de engajamento por parte desses alunos ou a necessidade de uma investigação mais aprofundada para compreender suas percepções.

Para as respostas da terceira questão: **(Quais foram as principais dificuldades que você teve durante a realização dos trabalhos?)**

*Tabela 15 fonte: autor, 2023*

<b>Aluno</b>	<b>Resposta</b>	<b>Categoria</b>
A1	<i>“Eu tive algumas dificuldades nos conceitos de relatividade, pois era meio difícil e eu precisei me esforçar pra entender.”</i>	Dificuldade com conceitos abstratos
A2	<i>“Os cálculos matemáticos da relatividade não foram os mais fáceis pra mim, mas o experimento que o professor passou do carrinho me ajudou muito a entender”</i>	Dificuldade superada com aulas do professor
A3	<i>“Os resultados dos experimentos e simuladores que o professor passou até que foram de boa pra mim entender.”</i>	Dificuldade superada com aulas do professor
A4	<i>“Na real, conciliar as ideias da relatividade com o que eu já sabia sobre espaço e tempo foi meio desafiador. Tive que quebrar a cabeça pra encaixar tudo.”</i>	Conciliação de ideias sobre espaço e tempo

A5	<i>“Diferenciar a relatividade especial e a geral. Mas depois das discussões e os experimentos durante as aulas que o professor passou, ajudou muito. Queria que fosse nosso professor rsrsrs.”</i>	Dificuldade superada com aulas do professor
A6	<i>“Entender os conteúdos da relatividade no do dia a dia foi meio difícil no começo, mas com os experimentos e debates na sala que o professor fez, ajudou muito a entender.”</i>	Dificuldade superada com aulas do professor
A7	<i>“Não tive dificuldades”</i>	Nenhuma dificuldade
A8	<i>“Entender as equações de Einstein e relacionar com os experimentos foi um pouquinho complicado no começo, mas depois que o professor apresentou experimento do carrinho e os debates que ocorreu entres nós, eu pude entender mais o assunto.”</i>	Dificuldade superada com aulas do professor
A9	<i>“A ideia de curvatura do espaço-tempo foi meio doida no começo”</i>	Dificuldade com a ideia de curvatura do espaço-tempo
A10	<i>“Acredito que não tive muitas dúvidas ou dificuldades”</i>	Nenhuma dificuldade
A11	<i>“Não sei dizer”</i>	Resposta vaga
A12	<i>“No começo eu achei que seria muito complicado esses assuntos de relatividade, mas depois das aulas desse professor, eu pude entender mais.”</i>	Percepção inicial de dificuldade superada com aulas do professor
A13	<i>“Entender a diferença entre referenciais inerciais e não inerciais foi uma coisa que demorou pra cair a ficha”</i>	Dificuldade em entender a diferença entre referenciais inerciais e não inerciais
A14	<i>“A relatividade bateu meio de frente com o meu entendimento que eu tinha sobre a questão de uma velocidade próxima da luz alterar o tempo, aquele experimento dos gêmeos é meio louco. Mas as o professor ajudou muito a entender isso aí, com o experimento do computador sobre os gêmeos e os</i>	Dificuldade superada com aulas do professor



	<i>experimentos foram bem legais!"</i>	
A15	<i>"Não sei dizer"</i>	Resposta vaga
A16	<i>"Achei as aulas boa, não tive dificuldades"</i>	Nenhuma dificuldade
A17	<i>"Só a parte dos cálculos mesmo, pois não sou muito boa em matemática"</i>	Dificuldade com cálculos matemáticos
A18	<i>"Quando foi explicado a luz é a velocidade máxima foi um pouco difícil de entender isso aí"</i>	Dificuldade em entender a luz como velocidade máxima
A19	<i>"Não tive muitas dificuldades, só a partes dos cálculos mesmo"</i>	Dificuldade com cálculos matemáticos
A20	<i>"Aquelas equações de Einstein achei um pouco chatinho"</i>	Dificuldade com equações de Einstein
A21	<i>"Resposta em branco"</i>	Resposta vaga
A22	<i>"Resposta em branco"</i>	Resposta vaga
A23	<i>"Resposta em branco"</i>	Resposta vaga
A24	<i>"A diferença entre a gravidade do Newton e a da relatividade geral não foi tão fácil de entender". Mas as aulas desse professor ajudaram muito para mim compreender"</i>	Dificuldade superada com aulas do professor
A25	<i>"Não sei dizer"</i>	Resposta vaga
A26	<i>"Não tive dificuldades"</i>	Nenhuma dificuldade
A27	<i>"Não tive dificuldades, mas eu acho que essas aula do professor passou muito rápido, era pra ter demorado mais"</i>	Dificuldade com ritmo acelerado das aulas
A28	<i>"Fiquei meia confusa no começo com aquela relação"</i>	Dificuldade superada com

	<i>da relatividade e o GPS, mas depois das experiências que o professor passou eu consegui entender mais</i>	aulas do professor
A29	<i>“Resposta em branco”</i>	Resposta vaga
A30	<i>“Não tive dificuldades”</i>	Nenhuma dificuldade

As respostas dos estudantes revelam algumas tendências e pontos importantes a serem considerados. Uma primeira categoria que emerge das respostas é a dificuldade com conceitos abstratos. Os alunos A1 e A4 mencionaram que tiveram dificuldades para compreender os conceitos de relatividade, descrevendo a necessidade de esforço e quebra de cabeça para assimilá-los. Essa dificuldade pode ser atribuída à percepção abstrata desses conceitos, que desafiam as intuições baseadas em experiências cotidianas dos estudantes.

Já a categoria “Dificuldade superada com aulas do professor” revela um aspecto muito positivo da intervenção pedagógica, na qual foi adotada o ensino por investigação na sala de aula. Vários alunos (A2, A3, A5, A6, A8, A14, A28) expressaram que as aulas ministradas pelo professor foram fundamentais para superar suas dificuldades no entendimento dos conteúdos de relatividade especial e geral. Esses estudantes destacam a importância dos experimentos, simuladores e debates realizados em sala de aula como elementos-chave para sua compreensão. Essa abordagem pedagógica ativa, baseada na investigação e na participação ativa dos alunos, demonstra ser eficaz na promoção do aprendizado e na superação de dificuldades.

Ao utilizar experimentos e simuladores online durante as aulas, os alunos tiveram a oportunidade de vivenciar os conceitos de forma prática e visual, tornando-os mais palpáveis e concretos. Essas experiências concretas ajudaram os alunos a internalizarem os conceitos abstratos da relatividade, tornando-os mais acessíveis e compreensíveis.

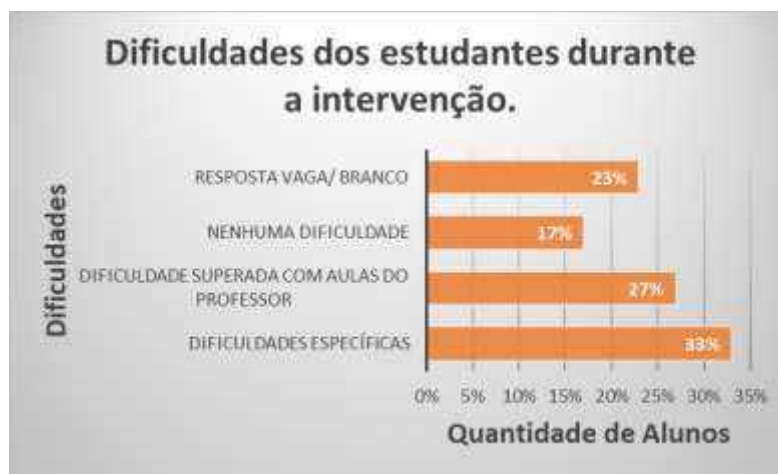
Carvalho (2013), discute a importância do professor em utilizar abordagens pedagógicas baseadas na investigação, é fundamental para o desenvolvimento de uma aprendizagem mais significativa e autônoma por parte dos alunos. Ao propor questões desafiadoras, o professor estimula os alunos a buscar evidências em seus dados, justificativas para suas respostas e a sistematizar raciocínios. Essa abordagem incentiva a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem, tornando-os protagonistas na construção do conhecimento. Ao invés de simplesmente transmitir informações aos estudantes, o professor assume um papel de mediador, orientando e apoiando os alunos em suas investigações e descobertas. Dessa forma, os alunos se envolvem em atividades práticas, exploram conceitos

de forma mais concreta e desenvolvem habilidades de pensamento crítico e resolução de problema. A utilização de softwares no ensino da física, como apontado por Ruiz e Santos (2019), pode ser uma estratégia eficaz para tornar as aulas mais dinâmicas e interessantes, incentivando o engajamento dos alunos. Os softwares oferecem recursos interativos, simulações e visualizações que auxiliam os estudantes a compreender melhor os conceitos teóricos e a solucionar problemas de forma mais eficiente.

Portanto, a categoria “Dificuldade superada com aulas do professor” evidencia o impacto positivo do ensino por investigação na sala de aula, ressaltando a importância do papel do professor como mediador do conhecimento e motivador do processo de aprendizagem dos alunos. Essa abordagem pedagógica ativa estimula o engajamento dos estudantes, promove a compreensão dos conteúdos e favorece o desenvolvimento de habilidades cognitivas necessárias para o aprendizado significativo.

A seguir podemos visualizar o gráfico “Dificuldades dos estudantes durante a intervenção” que revela importantes percepções sobre o processo de aprendizagem dos estudantes durante a intervenção pedagógica.

**Gráfico 08: fonte: Autor, 2023**



A análise do gráfico revela algumas informações importantes sobre a experiência dos alunos em relação à intervenção pedagógica sobre relatividade especial e geral. Um terço (33%) dos alunos relataram ter enfrentado dificuldades específicas relacionadas aos conceitos abstratos, cálculos matemáticos, conciliação de ideias e compreensão de aspectos específicos da relatividade. Essa proporção considerável destaca a necessidade de abordar essas dificuldades de forma mais direcionada, fornecendo suporte adicional aos alunos que

enfrentaram essas barreiras.

Quase um quarto (27%) dos estudantes expressaram que as aulas do professor foram eficazes na superação das dificuldades encontradas. Essa porcentagem indica que a intervenção pedagógica foi capaz de fornecer o suporte necessário para que os alunos compreendessem melhor os conceitos da relatividade. Os experimentos e debates realizados durante as aulas foram mencionados como elementos facilitadores nesse processo. Um pouco mais de um sexto (17%) dos alunos afirmaram não ter tido nenhuma dificuldade durante o estudo da relatividade. Embora essa porcentagem seja relativamente baixa, é importante destacar que esses alunos também se beneficiaram das aulas e atividades propostas, adquirindo um melhor entendimento dos conteúdos. Cerca de um quarto (23%) dos estudantes deixaram respostas vagas ou em branco, o que indica uma falta de clareza sobre suas dificuldades ou uma dificuldade em articular suas percepções. Essa proporção pode sugerir a necessidade de uma abordagem mais individualizada e de estratégias de feedback e acompanhamento para identificar e abordar as dificuldades desses alunos.

Em geral, esses dados refletem uma variedade de experiências dos alunos em relação à intervenção pedagógica. Ele destaca as dificuldades específicas enfrentadas por esse grupo de alunos, bem como a importância do papel do professor na superação dessas dificuldades. Também revela a necessidade de abordagens diferenciadas e estratégias de ensino adaptadas para atender às necessidades individuais dos alunos.

Para as respostas da quarta questão: **(Com relação à classe no geral, você considera que houve maior envolvimento e aprendizado com as atividades propostas?)**

Tabela 16 fonte: autor, 2023.

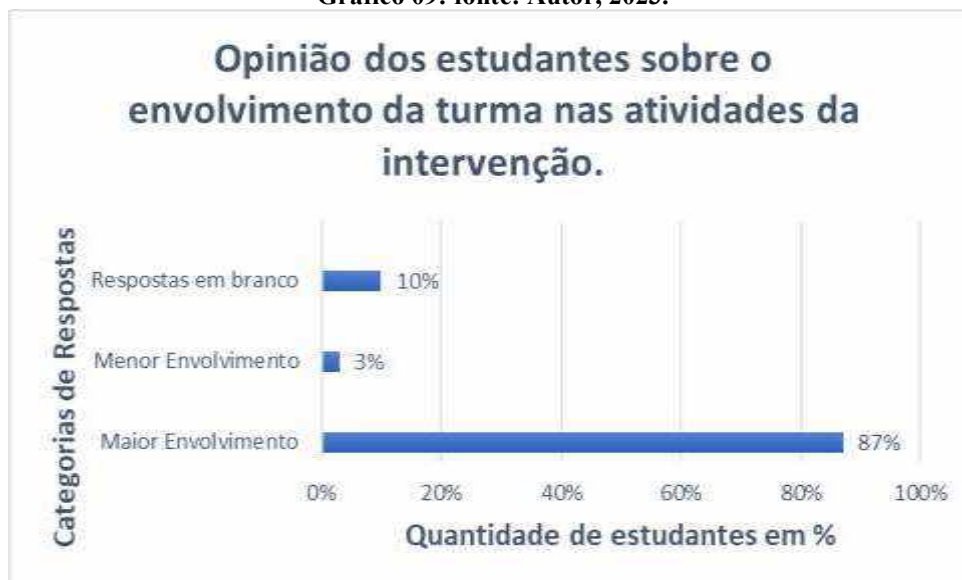
Aluno	Resposta	Categoria
A1	<i>“Cara, eu achei demais as atividades que a gente fez sobre a teoria da relatividade. Deu pra entender melhor como funciona e tudo mais.”</i>	Maior envolvimento
A2	<i>“Olha, eu confesso que no começo tava meio perdido, mas depois que começamos com os experimentos e simuladores, ficou bem mais fácil de assimilar o assunto.”</i>	Maior envolvimento

A3	<i>“Com certeza! A gente saiu daquela aula chata de só ouvir o professor falar e passar contas kkk.”</i>	Maior envolvimento
A4	<i>“Eu adorei a ideia dos experimentos! Foi muito mais divertido aprender assim e ajudou a fixar melhor os conceitos.”</i>	Maior envolvimento
A5	<i>“Eu acho que não, sei lá esses conteúdos são meio difíceis.”</i>	Menor envolvimento
A6	<i>“Fiquei surpreso com o quanto a minha turma se envolveu nas atividades, porque o nosso professor diz que somos folgados kkk.”</i>	Maior envolvimento
A7	<i>“Foi bom.”</i>	Maior envolvimento
A8	<i>“As aulas ficaram muito mais legais.”</i>	Maior envolvimento
A9	<i>“Sim, eu me senti mais motivado a estudar e a participar das aulas.”</i>	Maior envolvimento
A10	<i>“Foi uma experiência bem diferente, com certeza a turma aprendeu mais desse jeito.”</i>	Maior envolvimento
A11	<i>“Sim.”</i>	Maior envolvimento
A12	<i>“As atividades nos ajudaram a enxergar como a teoria da relatividade é na vida real. Foi muito interessante.”</i>	Maior envolvimento
A13	<i>“Achei bem legal poder fazer experimentos e ver na prática como as coisas funcionam. Aprendi muito mais assim.”</i>	Maior envolvimento
A14	<i>“Isso ajudou muito no aprendizado da sala.”</i>	Maior envolvimento
A15	<i>“Eu achei que as atividades despertaram a minha</i>	Maior

	<i>curiosidade e me motivaram mais.</i> ”	envolvimento
A16	“ <i>Sim.</i> ”	Maior envolvimento
A17	“ <i>Com as aulas práticas, a gente conseguiu ver os conteúdos melhor.</i> ”	Maior envolvimento
A18	“ <i>Sim, pois foi aulas diferentes, todo mundo gostou.</i> ”	Maior envolvimento
A19	“ <i>Sim, pode crer.</i> ”	Maior envolvimento
A20	“ <i>Sim, os experimentos e os debates ajudaram muito.</i> ”	Maior envolvimento
A21	“ <i>Sim, pois achei demais poder discutir com a turma os experimentos que nos fizemos e comparar os resultados.</i> ”	Maior envolvimento
A22	“ <i>Sim, pois os experimentos nos ajudaram a entender na prática o assunto.</i> ”	Maior envolvimento
A23	“ <i>Acho que sim, pois não teve tanta conta.</i> ”	Maior envolvimento
A24	“ <i>Sim, aqueles simuladores e os experimentos ajudaram muito.</i> ”	Maior envolvimento
A25	“ <i>Sim.</i> ”	Maior envolvimento
A26	<i>[Resposta em branco]</i>	Não categorizada
A27	<i>[Resposta em branco]</i>	Não categorizada
A28	<i>[Resposta em branco]</i>	Não categorizada
A29	“ <i>Sim, a turma ficou muito motivada com essas aulas, as</i>	Maior

	<i>outras aulas tinham muita conta.”</i>	envolvimento
A30	<i>“Sim, com certeza.”</i>	Maior envolvimento

Gráfico 09: fonte: Autor, 2023.



Ao analisar as respostas dos alunos em relação à intervenção pedagógica que envolveu a teoria da relatividade especial e geral por meio de metodologias ativas, como o ensino por investigação, experimentos e simuladores online, é possível observar uma tendência geral de maior envolvimento e aprendizado por parte da classe. A maioria dos estudantes expressou entusiasmo em relação às atividades propostas. Eles destacaram que as aulas se tornaram mais interessantes e dinâmicas, em contraste com o formato tradicional de apenas ouvir o professor falar e passar anotações. A utilização de experimentos e simuladores despertou o interesse dos alunos, permitindo uma compreensão mais prática e visual dos conceitos abordados.

Além disso, muitos alunos mencionaram que as atividades os motivaram a estudar mais e a participar ativamente das aulas. Eles sentiram-se mais engajados no processo de aprendizagem e perceberam que a teoria da relatividade deixou de ser algo distante e abstrato para se tornar algo palpável e aplicável em suas vidas. Os experimentos e debates em sala de aula proporcionaram uma oportunidade para discutir e comparar resultados, permitindo uma compreensão mais aprofundada dos fenômenos estudados.

As falas dos estudantes estão alinhadas com as ideias dos autores Moran (2016) e

Cordeiro e Teixeira (2017) sobre a importância da motivação dos alunos e o uso de experimentos e simulações para o aprendizado dos conceitos de relatividade especial e geral.

Moran (2016) destaca que a internet, como uma tecnologia, pode ser uma ferramenta motivadora para os alunos devido à sua novidade e às possibilidades ilimitadas de pesquisa que oferece. As respostas dos alunos refletem esse aspecto, uma vez que eles mencionaram o entusiasmo gerado pelas atividades propostas, como os experimentos e simuladores online. Essas abordagens inovadoras despertaram o interesse dos alunos, tornando o processo de aprendizagem mais atraente e estimulante. Além disso, Moran (2016) ressalta que a motivação dos estudantes é aumentada quando o professor cria um clima de confiança, abertura e cordialidade. As respostas dos alunos evidenciam a importância desse aspecto, mencionando que as aulas se tornaram mais interessantes e dinâmicas. Isso indica que a intervenção pedagógica implementada proporcionou um ambiente propício para o engajamento dos alunos, no qual eles se sentiram mais motivados a participar e se envolver ativamente nas atividades propostas.

Já Cordeiro e Teixeira (2017) mencionam que a utilização de experimentos e simulações pode ser uma estratégia eficaz para ajudar os estudantes a compreender melhor os conceitos de relatividade especial e geral. As respostas dos alunos corroboram essa ideia, pois eles expressaram que os experimentos e simuladores permitiram uma compreensão mais prática e visual dos assuntos abordados. Essas abordagens ativas proporcionaram aos alunos uma experiência concreta e ajudaram a consolidar os conhecimentos teóricos.

No entanto, também houve algumas respostas que demonstraram menor envolvimento ou neutralidade em relação às atividades. Alguns alunos expressaram a percepção de que os conteúdos abordados eram difíceis ou mencionaram respostas em branco, o que pode indicar uma falta de interesse ou compreensão dos assuntos tratados. É importante considerar essas respostas e buscar estratégias para engajar esses alunos, adaptando as metodologias utilizadas ou fornecendo suporte adicional.

As respostas dos alunos sugerem que a intervenção pedagógica baseada em metodologias ativas, como o ensino por investigação, teve um impacto positivo na classe em geral. Houve um aumento do envolvimento dos alunos, maior motivação para o estudo e uma compreensão mais significativa dos conceitos abordados. Essa abordagem estimulou a curiosidade, possibilitou a aplicação prática dos conhecimentos e contribuiu para tornar a teoria da relatividade mais acessível e interessante para os alunos do ensino médio. No entanto, é importante estar atento aos estudantes que apresentaram menor envolvimento e buscar estratégias para garantir que todos os estudantes se beneficiem plenamente dessa



intervenção pedagógica.

## 5. PALAVRAS FINAIS

Este trabalho foi realizado com a finalidade de examinar as contribuições das atividades investigativas no estudo das teorias da relatividade especial e geral para o desenvolvimento da autonomia dos estudantes. A intervenção foi realizada com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, com o intuito de estabelecer uma ligação entre a as teorias da relatividade e o cotidiano. A prática de investigação revelou que abordar os conceitos relativísticos através de pesquisas, relacionando-os com o cotidiano dos alunos, tornou os processos de ensino e aprendizagem mais dinâmicos, construtivos e participativos, despertando um interesse maior dos estudantes pela disciplina de Física.

Uma das principais constatações desta pesquisa é que o ensino por investigação é uma estratégia pedagógica eficaz para o aprendizado das teorias da Relatividade Especial e Geral. Essa abordagem permitiu que os estudantes se tornassem protagonistas do seu próprio processo de aprendizagem, ao invés de meros receptores passivos de informações. Ao incentiva-los em atividades práticas, experimentais e investigativas, foi possível despertar sua curiosidade, estimular o pensamento crítico e a criatividade, e promover um maior engajamento com o conteúdo.

Além disso, o ensino por investigação proporcionou aos alunos a oportunidade de desenvolver habilidades essenciais, como o trabalho em equipe, a resolução de problemas e a comunicação científica. Ao realizar experimentos, análises de dados e discussões em grupo, os estudantes aprendem a aplicar os princípios da física de forma prática, a interpretar resultados dos experimentos.

A aplicação de abordagens ativas de ensino, especialmente as atividades investigativas, ofereceu aos estudantes um ambiente dinâmico e motivador para resolver problemas e buscar novos conhecimentos. Para abordar as questões propostas, os alunos seguiram o caminho da pesquisa, coletando e analisando informações sobre o tema, participando de discussões com seus colegas e confrontando o conhecimento existente com os dados apresentados. Isso permitiu que eles chegassem a possíveis soluções para os problemas levantados e formulação de novas questões desafiadoras. “Nesse caminho, o professor atua como facilitador ou orientador para que o estudante faça pesquisas, reflita e decida por ele mesmo, o que fazer para atingir os objetivos estabelecidos” (BERBEL, 2011, p. 27).

Diversos locais de aprendizagem, como o Laboratório de Informática, a quadra esportiva, o ambiente fora da sala, e o ambiente virtual de aprendizagem, tiveram um impacto positivo no processo educacional dos alunos. Esses espaços proporcionaram um ambiente estimulante, onde os estudantes puderam participar de atividades com entusiasmo e energia, demonstrando um desejo crescente de adquirir conhecimento, como é o caso do experimento realizado na quadra esportiva e o experimento dos carrinhos realizado fora da sala de aula. De acordo com as palavras de Chassot (2010), atualmente, o conhecimento adentra as escolas de diversas maneiras, variando em qualidade, o que evidencia uma transformação na postura dos professores. Eles não mais se limitam a ser meros transmissores de informações, mas sim se tornam construtores de opiniões. Já não existe espaço para a mera transmissão de conhecimentos. Nesse contexto, os espaços educativos não formais, quando integrados às escolas, desempenham um papel fundamental na construção científica e na produção de conhecimento.

A pesquisa revelou algumas descobertas importantes. No questionário inicial, os alunos apresentaram um nível geral de conhecimento limitado sobre as teorias da relatividade especial e geral. Suas falas refletiam uma compreensão superficial e fragmentada dos conceitos, mostrando dificuldade em conectar os diferentes elementos das teorias ao seu cotidiano. No entanto, após a implementação do ensino por investigação, observou-se uma mudança significativa nas respostas dos alunos no questionário final. Suas falas demonstraram um nível maior de compreensão e articulação dos conceitos relacionados à relatividade especial e geral. Um número significativo de alunos conseguiu conectar os elementos das teorias, compreender os princípios fundamentais e explicar suas aplicações em situações do cotidiano. Esses resultados sugerem que o ensino por investigação pode ser uma abordagem eficaz para melhorar o aprendizado das teorias da relatividade no ensino médio. Ao envolver os alunos em atividades práticas, investigativas e reflexivas, eles foram capazes de construir um conhecimento mais sólido e uma compreensão mais profunda dos conceitos abordados.

No entanto, a implementação do ensino por investigação no ensino das teorias da Relatividade Especial e Geral no Ensino Médio apresenta alguns desafios. É necessário fornecer recursos adequados, tanto materiais quanto tecnológicos, para a realização das atividades investigativas. Além disso, os professores precisam de formação específica para orientar os alunos nesse tipo de abordagem e adaptar as estratégias de ensino tradicionais. Outro ponto é que a pesquisa possui algumas limitações. O estudo foi realizado em um contexto específico, no ensino médio, e os resultados podem variar em outros níveis de ensino

ou em diferentes ambientes educacionais. Além disso, o tamanho da amostra e a duração da intervenção podem influenciar os resultados.

No entanto, os resultados dessa pesquisa indicam que os benefícios superam os desafios. O ensino por investigação no aprendizado das teorias da Relatividade Especial e Geral no Ensino Médio contribui para uma compreensão mais aprofundada dos conceitos físicos envolvidos, além de promover uma visão mais abrangente e crítica do mundo ao nosso redor. Os alunos se tornam mais motivados e engajados com a disciplina, desenvolvendo uma postura científica de questionamento e busca por conhecimento.

Portanto, recomenda-se que as instituições de ensino e os educadores busquem formas de incorporar o ensino por investigação no ensino das teorias da Relatividade Especial e Geral no Ensino Médio. Essa abordagem pedagógica pode trazer resultados significativos tanto para o aprendizado dos alunos quanto para o ensino da física em si. Com a implementação adequada, é possível despertar o interesse dos estudantes por essas teorias complexas e formar uma base sólida para futuros estudos e pesquisas científicas.

## 6. REFERÊNCIAS

ABRIL, M. et al. **O ensino de Física com atividades práticas: uma revisão de literatura.** Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, v. 12, n. 4, p. 1896-1910, 2017.

ALMEIDA, M. S. et al. **Uso de Softwares Educativos no Ensino da Física para o ENEM.** In: XXIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2018. Anais do XXIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo: SBF, 2018.

AMARAL, F. et al. **Atividades práticas no ensino de Física: uma abordagem integrada.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, e5342, 2020.

ALVES, S.; SANTOS, A. **Atividades experimentais no ensino de física: uma proposta para motivação e aprendizagem significativa.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 4, 2018.

ARAÚJO, M. S. C.; SOUZA, S. S. **Atividades práticas e investigativas no ensino de Química: estratégias para o desenvolvimento de competências e habilidades.** In: GOMES, J. L. de S.; SANTOS, M. de F. (orgs.). Novas abordagens para o ensino de Ciências e Matemática. São Paulo: Editora UNESP, 2021.

BARCELOS, R. et al. **Atividades práticas no ensino de Física: contribuições para o desenvolvimento de habilidades.** Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 10, n. 3, p. 36-48, 2019.

BARROWS, H. S.; TAMBLYN, R. M. **Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education.** New York: Springer Publishing Company, 1980.

BASSO, A. **Metodologias ativas são uma forma eficaz de promover a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem.** 2017.

BERNARDES, J. S. et al. **A interdisciplinaridade entre matemática e física no ensino médio: uma proposta com a teoria da relatividade.** Revista Brasileira de Ensino de Física,

v. 40, n. 3, 2018.

BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes.** Semina: Ciências Sociais e Humanas, 32 (1), p. 25 – 40, 2011.

BORGES, B. C. **As metodologias ativas como ferramenta para o desenvolvimento de competências e habilidades.** Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância, v. 17, n. 1, p. 137-146, 2018.

BORGES, B. R. **O protagonismo do aluno no processo de aprendizagem com o uso de metodologias ativas.** In: BUENO, J. G. S.; NASCIMENTO, M. R. A. do (orgs). Metodologias ativas e tecnologias educacionais para a educação superior. Curitiba: CRV, 2018.

BORGES, V. **As metodologias ativas permitem que o aluno seja o protagonista de sua própria aprendizagem.** 2018.

BOGDAN, R. C. (2020). **O homem e a pesquisa qualitativa: Teoria, método e aplicação.** Autores Associados.

BOGDAN, R., & Biklen, S. (1994). **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos.** Porto Editora.

BERNARDES, J. S. et al. **A interdisciplinaridade entre matemática e física no ensino médio: uma proposta com a teoria da relatividade.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 3, 2018.

BICUDO, Maria Aparecida Viggiani. **Pesquisa Qualitativa: O Desafio da Interpretação.** 3ª edição. São Paulo: Loyola, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** Brasília, 2017.

BRASIL. **Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.**

Brasília: MEC, 2002.

CALDAS, I. L.; FONSECA, T. L. **A abordagem da relatividade restrita em livros didáticos de Física.** Revista Ensaio, v. 16, n. 2, 2014.

CARVALHO, J.; OLIVEIRA, L. **Utilização do Simulink para ensinar física de forma mais concreta.** In: VIII Congresso Nacional de Educação, 2020. Anais do VIII Congresso Nacional de Educação. Brasília: CONEDU, 2020.

CARRILLO, I. et al. **Física moderna e contemporânea no ensino médio: perspectivas e desafios.** Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, v. 3, n. 1, 2015.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação – Condições para Implementação em Sala de Aula.** CENGAGE Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **A atividade experimental no ensino de Ciências: uma defesa do trabalho prático na sala de aula.** São Paulo: Editora UNESP, 2016.

COELHO, T. **Tecnologia na educação: desafios e possibilidades.** Revista Digital de Tecnologia Educacional e Educação a Distância, v. 6, n. 2, p. 1-12, 2020.

CORDEIRO, M. J.; TEIXEIRA, D. S. **A utilização de experimentos e simulações no ensino de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 4, 2017.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação.** 5. Ed. Revisada. Ijuí: Unijui, 2010.

Creswell, J. W. (2013). **Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches.** Sage Publications.

CRUZ, E. M.; SANTOS, R. F. **Atividades experimentais no ensino de física: o que dizem os estudos acadêmicos?** Revista de Ensino de Física, v. 41, n. 2, 2019.

CZERSKI, H. **Storm in a Teacup: The Physics of Everyday Life**. W. W. Norton & Company, 2020.

DALCIN, E. **O uso do PhET no ensino de física**. In: IV Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão (EEPE), 2020. Anais do IV Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão. Brasília: EEPE, 2020.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Cortez, 2011.

DEMO, P. **Pesquisa: princípio científico e educativo**. 18. Ed. São Paulo: Cortez, 2018.

DIAS, R. A.; SILVA, J. B. **O uso de atividades investigativas no ensino de física: uma proposta contextualizada**. Revista Eletrônica Científica da UERGS, v. 6, n. 2, p. 91-99, 2020.

FREIRE, P. (1987). **Pedagogia do oprimido**. 34ª Edição. Editora Paz e Terra.

FERRAZ, M. R. et al. **A formação do professor de Física no Brasil: avanços e desafios**. Encontro Nacional de Ensino de Física, 2016.

FERREIRA, A. M.; AMORIM, A. S. **A importância das atividades práticas no ensino de Biologia**. In: SILVA, A. de P. R. (org.). Práticas pedagógicas inovadoras no ensino de Ciências da Natureza. São Paulo: Editora UNESP, 2018.

FIGUEIREDO, C.; SILVA, A. **Avaliação de atividades práticas no ensino de Física: desafios e possibilidades**. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, v. 20, n. 1, p. 81-97, 2018.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2018.

GALIAZZI, M. C. et al. **Softwares educacionais para o ensino de física: análise e perspectivas**. Revista de Ensino de Física, v. 40, n. 1, e1301, 2018.

GALIAZZI, M. C. et al. **Softwares educacionais para o ensino de física: análise e perspectivas**. Revista de Ensino de Física, v. 40, n. 1, e1301, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GOMES, R. (2017). **Análise de dados em pesquisa qualitativa**. Editora UFPE.

HOSS, G. A.; PEREIRA, F. A. **A importância da formação continuada dos professores de Física**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 17, n. 3, 2017.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., & WALKER, J. (2019). **Fundamentos de física (Vol. 1-4, 10ª ed.)**. LTC Editora.

JOVANOVIC, B.; GNJATOVIC, M. **Enhancing physics learning with computer simulations**. Journal of Education and Practice, v. 10, n. 4, p. 45-52, 2019.

LEWIN, W. **For the Love of Physics: From the End of the Rainbow to the Edge of Time – A Journey Through the Wonders of Physics**. Simon & Schuster, 2019.

LOPES, D. L.; RIBEIRO, D. C. **O ensino de física por meio de atividades investigativas: uma proposta para o ensino médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 2, e2407, 2018.

LUZ, A. F.; LEAL, L. S. **Uma proposta de avaliação formativa para o ensino de Física**. Revista Ensaio, v. 21, n. 3, 2019.

MARCONDES, M. E. et al. **A contextualização no ensino de Física: uma abordagem com a teoria da relatividade restrita**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 1, 2018.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARTINS, L. C. **A importância das atividades investigativas no ensino de física**. Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2017.



MASETTO, M. T. **A educação precisa incorporar metodologias ativas que possibilitem a construção do conhecimento pelos alunos.** 2014.

MASETTO, M. T. A. **Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): Uma introdução.** In: \_\_\_\_\_. **Aprendizagem Baseada em Problemas: Potencialidades e Desafios.** São Paulo: Papirus Editora, 2014. P. 9-24.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A User's Manual.** Pearson Education, 2017.

MOLINA, F. R.; MENESES, J. C. **O ensino de Física e a formação de cidadãos críticos.** Revista Ensaio, v. 23, n. 1, 2015.

MORAES, C. et al. **O uso de softwares educacionais no ensino de física: uma revisão sistemática.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 3, e3303, 2017.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa e as metodologias ativas.** In: MASETTO, M. T.; SANTANA, E. F. (orgs). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática.** São Paulo: Artesanato Educacional, 2015.

MOREIRA, M. A. **As metodologias ativas favorecem o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico, a criatividade e a resolução de problemas.** 2015.

MONTEIRO, A. C. (2012). **Diário de campo como recurso didático e de pesquisa na formação de professores.** Educação em Revista, 28(4), 253-272.

MINAYO, M. C. S. (2017). **O desafio do conhecimento: Pesquisa qualitativa em saúde.** Hucitec.

NORDINE, J. **Designing Spaces for Effective Learning: A Guide to 21st Century Learning Space Design.** Peter Lang Publishing, 2015.

OLIVEIRA, A. C. et al. **Atividades práticas no ensino de física: uma revisão sistemática.** In: III Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2019.

OLIVEIRA, F. et al. **Atividades práticas no ensino de Física: planejamento e estratégias de ensino.** Revista Eletrônica de Ensino de Ciências, v. 8, n. 2, p. 36-52, 2019.

OLIVEIRA, J. R. S. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente.** Acta Scientiae, v.12, n.1, 2010.

OLIVEIRA, R. F. F., & MACEDO, E. L. **A importância da contextualização dos conteúdos de física no ensino médio.** Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, 5(1), 18-26, 2019.

OLIVEIRA, R. S.; PAIVA, S. M. **A utilização de softwares no ensino de física: uma análise das percepções de professores do ensino médio.** In: IV Encontro Nacional de Educação em Ciências (ENEC), 2021. Anais do IV Encontro Nacional de Educação em Ciências. Rio de Janeiro: ENEC, 2021.

PEREIRA, C. R. et al. **Atividades práticas e investigativas no ensino de Ciências: uma revisão sistemática de literatura.** Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia, v. 12, n. 1, p. 39-60, 2019.

PERRENOUD, P. **Dez Novas Competências para Ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 2013.

PIGNONE, M. P.; PIGNONE, L. M. **Atividades investigativas no ensino de física: uma abordagem reflexiva.** In: XIX Encontro Nacional de Ensino de Física, 2019, Vitória. Anais do XIX Encontro Nacional de Ensino de Física. Vitória: SBF, 2019. P. 1-5.

PIMENTEL, J. R. **As metodologias ativas de ensino e a sua aplicação na Física do Ensino Médio.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 56-72, 2016.

PONTES, E. A. S. **Os números naturais no processo de ensino e aprendizagem da matemática através do lúdico.** DIVERSITAS JOURNAL. Santana do Ipanema/AL, vol 2, n.1, p.160-170, jan./abr. 2017.

PRITCHARD, D. **Making Thinking Visible: How to Promote Engagement, Understanding, and Independence for All Learners.** John Wiley & Sons,, 2018.

RUIZ, P. M.; SANTOS, V. J. **O uso de softwares educacionais no ensino de física**. In: II Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), 2019. Anais do II Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo: SNEF, 2019.

RUDIO, Franz Victor. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 19 ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

SANTOS, B. S. **A Crítica da Razão Indolente: Contra o Desperdício da Experiência**. Vol. 1. Editora Vozes, 2017.

SANTOS, C. S. **O papel do professor de física como mediador do conhecimento no processo de ensino e aprendizagem**. In Anais do VII Encontro Internacional de Pesquisa em Educação (pp. 227-237). São Paulo: Editora Universitária, 2020.

SANTOS, D. M. et al. **A importância das atividades práticas no ensino de Física no Ensino Médio**. Revista Práticas Docentes, v. 4, n. 1, 2020.

SCHÖNER, P. R. et al. **Aprendizagem baseada em projetos no ensino de Física: relato de uma experiência com alunos do Ensino Médio**. Revista de Ensino de Física, v. 42, e3503, 2020.

SERAFINI, M. T. E. **Como escrever textos na escola**. São Paulo: Editora Globo, 2016.

SILVA, M.; MASETTO, M. T.; MORAN, J. M. **Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: diferentes formas de aprender no século XXI**. São Paulo: Episteme, 2007.

SILVA, M. D. et al. **ATIVIDADE INVESTIGATIVA: UM CAMINHO PARA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO**. COINTER – PDVL, 2018.

SILVIO, S. L. M.; VALÉRIO, C. L. L.; EVANGELISTA, E. G. **Aprender a ler brincando: O lúdico como recurso significativo na aprendizagem da leitura**. Research, Society and Development, v. 10, n.8, e20010816970, 2021.

SILVA, T. R. et al. **Atividades experimentais no ensino de física: contribuições para a**

**formação de habilidades científicas.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 3, 2018.

SILVA, V. A.; SILVA, E. G. **A dilatação do tempo na relatividade restrita: um exemplo didático para o ensino de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 3, 2017.

SOUSA, A. M.; SILVA, M. P. **Desafios do ensino de Física em escolas públicas.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 41, n. 1, 2019.

SOUZA, C. R. (2017). **Ensino de física no ensino médio: o papel do professor na motivação dos alunos.** Revista Brasileira de Ensino de Física, 39(1), 1-10.

TONETTO, L. M.; LAGO, A. M. A. **O uso da tecnologia no ensino de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 38, n. 1, 2016.

TRINDADE, D. B.; JESUS, E. R. ; SOUZA, D. A. **Matemática lúdica: desafios para uma educação emancipadora.** Research, Society and Development, vol 9, n. 9, e206996440, 2020.

TRIVIÑOS A. N. S. (2015). **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** Atlas.

WALENDOWSKY, J. F. **Contração Relativística.** 2019. Disponível em: <[https://alloy.sites.ufsc.br/ejss\\_model\\_sim1/sim1\\_Simulation.xhtml](https://alloy.sites.ufsc.br/ejss_model_sim1/sim1_Simulation.xhtml)>. Acesso em: 23 mar. 2023.

WALENDOWSKY, J. F. **Simultaneidade.** 2018. Disponível em: <[https://alloy.sites.ufsc.br/ejss\\_model\\_sim3/sim3\\_Simulation.xhtml](https://alloy.sites.ufsc.br/ejss_model_sim3/sim3_Simulation.xhtml)>. Acesso em: 23 mar. 2023.

WALENDOWSKY, J. F. **Simultaneidade.** 2019. Disponível em: <[https://alloy.sites.ufsc.br/ejss\\_model\\_train/train\\_Simulation.xhtml](https://alloy.sites.ufsc.br/ejss_model_train/train_Simulation.xhtml)>. Acesso em: 23 mar. 2023.

## 7. APÊNDICES

### Apêndice A- Questionário Pré- Teste



Prezado(a) aluno(a), solicitamos sua colaboração para responder este pré-teste da pesquisa intitulada **"Ensino por investigação como ferramenta didática no ensino da teoria da relatividade especial e geral: Possibilidades no ensino médio"**. O responsável pela pesquisa é o Prof. Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo. A aplicação deste questionário será realizada pelo assistente da pesquisa, o discente Ênio Queiroz de Araújo, estudante da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), integrante do Centro de Formação de Professores (CFP), cursando Licenciatura em Física. Agradecemos antecipadamente sua participação.

1- Qual é a sua idade?

2- Você tem acesso à internet em sua casa?

Sim ( ) Não ( )

3- Você gosta de realizar atividades práticas em sala de aula?

Sim ( ) Não ( )

4- Você se sente motivado(a) para estudar física? Por quê?

---



---



---



---



---

5- De que maneira você gostaria que fossem as aulas de Física?

---



---



---



---

6- Você acredita que a aplicação de atividades experimentais pode ajudar no aprendizado de Física? Por quê?

---



---



---



---



---

7- Você acredita que os conceitos de Física abordados nas aulas possuem aplicações práticas no nosso dia a dia?

Sim ( ) Não ( )

- 8- Se você respondeu afirmativamente à pergunta anterior, poderia dar exemplos de situações cotidianas em que podemos perceber a presença de conceitos de Física? Caso tenha respondido negativamente, favor ignorar esta questão.

---



---



---



---



---



---

- 9- Você se sente familiarizado com as tecnologias empregadas no ensino de Física? Quais tecnologias você já utilizou?

---



---



---



---



---



---

- 10- Em relação aos conteúdos de física que estão listados abaixo, marque um X nos conteúdos que você já estudou ou já ouviu falar.

Conteúdos de física:	X
Astronomia	
Teoria do Big Bang	
Eletromagnetismo	
Efeito fotoelétrico	
Relatividade geral	
Relatividade especial	
Termodinâmica	
Leis de Newton	
Equações de Maxwell	
Física Moderna	

- 11- Caso você não tenha selecionado os conteúdos de Relatividade Especial e Geral na pergunta anterior, você tem interesse em estudar esses tópicos por meio de atividades práticas, como experimentos, filmes, vídeos e discussões em sala de aula, que abordem as teorias da Relatividade e suas aplicações no cotidiano? Por favor, explique sua resposta.

---



---



---



---



---



---

- 12- Se você já ouviu falar ou demonstrou interesse em estudar as Teorias da Relatividade, quais são, em sua opinião, as principais dificuldades para compreendê-las? Caso você nunca tenha tido contato com esses assuntos, favor desconsiderar esta pergunta.

---



---



---



---

- 13- Você acredita que o uso de tecnologias pode auxiliar na compreensão das Teorias da Relatividade especial e geral? Por quê?

---



---



---



---



---



---

## APÊNDICE B- Questionário Pós- Teste



Você aluno(a) está sendo convidado(a) a responder este pós-teste da pesquisa intitulada: "Ensino por investigação como ferramenta didática no ensino da teoria da relatividade especial e geral: Possibilidades no ensino médio". Essa pesquisa tem como responsável o Prof. Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo. A mesma será aplicada pelo assistente da pesquisa, o discente Fábio Queiroz de Araújo, que é estudante da Universidade Federal de Campina Grande (UFGG), que faz parte do Centro de Formação de Professores (CFP), sendo seu curso Licenciatura em Física.



Imagem adaptada de: [www.illustrations.com](http://www.illustrations.com). Acesso em: 12/06/2016.

1- A maneira que os conteúdos das teorias da relatividade especial e geral foram abordados em sala de aula, favoreceu o seu entendimento com relação aos conceitos das teorias relatividade? Por quê?

---



---



---



---

2- Você acredita que os temas e conteúdos que foram abordados são importantes? Justifique:

---



---



---



---

3- Quais foram as principais dificuldades que você teve durante a realização dos trabalhos?

---



---



---



---

4- Com relação à classe no geral, você considera que houve maior envolvimento e aprendizado com as atividades propostas?

---



---



---



---

### APÊNDICE C- Planos de aulas

#### Primeiro Encontro/ 1º aula.

Tema da aula: Conhecendo o projeto e conhecendo os alunos.

**Objetivos:**

- Entregar o TCLE e TALE (APÊNDICE A) aos alunos e expor a proposta da pesquisa.
- Aplicar um questionário de sondagem (APÊNDICE A), para conhecer o perfil dos alunos com questões pessoais, sobre as teorias da relatividade, atividades experimentais e o uso de tecnologias.

**Conteúdo:** Teorias da Relatividade Especial e Geral.

**Duração:** 45 minutos.

**Recursos:** Quadro branco e Questionários.

**Metodologia:** Aula expositiva, dialogada com apresentação do projeto e preenchimento do questionário (APÊNDICE A).

**Avaliação:** Preenchimento do questionário e comprometimento com a pesquisa.

#### Primeiro Encontro/ 2º aula.

**Tema:** Introdução à Teoria da Relatividade Especial – O GPS e a relatividade do movimento.

**Objetivo:** Objetivo geral: Introduzir os conceitos fundamentais da teoria da relatividade especial, utilizando o exemplo do funcionamento do GPS e explorando a percepção do tempo e do movimento.

**Duração da aula:** 45 minutos.



**Recursos necessários:**

- Apresentação de slides;
- Quadra esportiva;
- Apitos.

**Metodologia:**

## 8. Introdução (10 minutos):

- Apresentar o problema: “Já se perguntaram por que os GPSs funcionam tão bem em todo o mundo, mesmo quando estamos em movimento? Como é possível que os satélites possam nos localizar com tanta precisão?”
- Estimular a curiosidade dos alunos e incentivar a formulação de hipóteses sobre o tema.

## 2. Discussão em grupo (10 minutos):

- Permitir que os alunos compartilhem suas hipóteses e ideias sobre o funcionamento do GPS;
- Estimular a participação ativa e o debate entre os alunos.

## 3. Apresentação de slides (10 minutos):

- Utilizar slides para introduzir os conceitos de espaço-tempo, simultaneidade e relatividade do movimento;
- Explicar como esses conceitos se relacionam com o problema do GPS e sua precisão.

## 4. Experimento na quadra esportiva (10 minutos):

- Dividir os alunos em dois times, dando a cada um deles um apito;
- Explicar que o objetivo é fazer com que os apitos sejam tocados simultaneamente;
- Realizar o experimento: um time fica parado na quadra, enquanto o outro se movimenta em relação a eles;
- Observar e discutir as diferenças de percepção entre os times em relação à

simultaneidade dos apitos.

5. Discussão e conclusões (5 minutos):

- Permitir que os alunos expressem suas observações e conclusões a partir do experimento;
- Esclarecer dúvidas e fornecer explicações adicionais, se necessário.

6. Encerramento (5 minutos):

- Reforçar a importância do estudo da teoria da relatividade especial e seu impacto na tecnologia moderna;
- Estimular os alunos a continuarem explorando o tema por conta própria.

**Avaliação:**

- Observação participativa dos alunos durante a discussão e o experimento;
- Feedback dos alunos ao final da aula, através de perguntas direcionadas ou registro escrito de suas percepções.

### **Segundo Encontro**

**Tema:** Compreensão da constância da velocidade da luz em todos os referenciais inerciais e o experimento de Michelson-Morley

**Objetivo:** Proporcionar aos alunos uma compreensão mais profunda sobre a constância da velocidade da luz em todos os referenciais inerciais, por meio da simulação do experimento de Michelson-Morley e apresentação dos postulados da teoria da relatividade especial.

**Duração:** 90 minutos.

**Recursos:**

- Computadores com acesso à internet.
- Simulador online do experimento de Michelson-Morley.

- Vídeos relacionados ao experimento e à teoria da relatividade especial.
- Quadro ou projetor para apresentação dos vídeos e slides

**Metodologia:**

## 1. Introdução (10 minutos):

- Apresente o contexto histórico do experimento de Michelson-Morley, explicando sua relação com a busca pela medição da velocidade do éter.
- Explore a importância desse experimento para a evolução da teoria da relatividade especial.
- Estimule a curiosidade dos alunos, destacando a relevância do tema para a compreensão dos fundamentos da física.

## 2. Apresentação dos recursos (10 minutos):

- Demonstre o simulador online do experimento de Michelson-Morley, explicando como os alunos podem manipular as variáveis e observar os resultados.
- Apresente vídeos relacionados ao experimento e à teoria da relatividade especial, enriquecendo a compreensão dos alunos e proporcionando uma visão mais abrangente do assunto

## 3. Exploração do simulador (20 minutos):

- Divida os alunos em duplas ou pequenos grupos.
- Peça aos alunos que explorem o simulador online, manipulando as variáveis do experimento, como a direção e a velocidade relativa das fontes de luz.

## 4. Discussão em grupo (15 minutos):

- Promova uma discussão em grupo, em que os alunos compartilhem suas reflexões, descobertas e conclusões a partir da exploração do simulador.
- Estimule-os a explicar o porquê da constância da velocidade da luz em todos os

referenciais inerciais, relacionando com os postulados da teoria da relatividade especial.

5. Apresentação dos vídeos (15 minutos):

- Projete ou compartilhe os vídeos relacionados ao experimento de Michelson-Morley e à teoria da relatividade especial.
- Pause em momentos estratégicos para explicar conceitos-chave e responder a eventuais dúvidas dos alunos.

6. Conclusão e reflexão (10 minutos):

- Recapitule os principais pontos abordados na aula, ressaltando a constância da velocidade da luz em todos os referenciais inerciais.
- Incentive os alunos a refletir sobre a importância do experimento de Michelson-Morley para a evolução da física e como essa compreensão afeta nossa visão do mundo.
- Estimule-os a continuar explorando o tema e a buscar mais informações sobre a teoria da relatividade especial.

**Avaliação:**

- Observação participativa dos alunos durante a discussão.
- Feedback dos alunos ao final da aula, através de perguntas direcionadas ou registro escrito de suas percepções.

**Terceiro Encontro**

**Tema:** Investigando as consequências da dilatação temporal, contração do espaço e energia relativística na teoria da Relatividade Especial

**Objetivos:**

- Compreender os conceitos de dilatação temporal, contração do espaço e energia relativística na teoria da Relatividade Especial.
- Explorar as implicações desses conceitos por meio do uso de simuladores online.
- Realizar um experimento em sala de aula para estudar a energia relativística, massa relativística e dilatação temporal.
- Refletir sobre os resultados do experimento e discutir as implicações da teoria da relatividade.

**Duração:** 2 aulas de 45 minutos cada.

**Recursos necessários:**

- Computador com acesso à internet.
- Simulador online sobre dilatação temporal e contração do espaço (por exemplo, o simulador: [https://alloy.sites.ufsc.br/ejss\\_model\\_sim1/sim1\\_Simulation.xhtml](https://alloy.sites.ufsc.br/ejss_model_sim1/sim1_Simulation.xhtml)).
- Carrinhos de brinquedo.
- Cronômetros.
- Trenas.
- Régua.
- Folhas de papel e canetas para anotações.

**Metodologia:**Aula 1:

1. Introdução (10 minutos):

- Apresente brevemente os conceitos de dilatação temporal, contração do espaço e energia relativística na teoria da Relatividade Especial.
- Explique a importância desses conceitos para a compreensão da teoria proposta por Albert Einstein e suas implicações na física moderna.

2. Uso de simuladores online (30 minutos):

- Divida os alunos em duplas ou pequenos grupos.
- Peça aos alunos que acessem o simulador online mencionado (ou qualquer outro simulador similar).
- Instrua-os a explorar o simulador interativamente, observando as implicações da dilatação temporal e da contração do espaço.
- Os alunos devem simular o experimento dos gêmeos e outras atividades disponíveis no simulador.
- Encoraje os alunos a discutirem entre si, compartilhando suas reflexões, descobertas e conclusões.

3. Discussão em grupo (10 minutos):

- Promova uma discussão em grupo sobre as experiências dos alunos com o simulador.
- Peça aos alunos que compartilhem suas principais descobertas e observações.
- Explore as reações dos alunos em relação aos efeitos da dilatação temporal e contração do espaço, levando em consideração as falas registradas no diário de campo mencionadas no texto.

Aula 2:

4. Experimento em sala de aula (30 minutos):

- Explique aos estudantes que realizarão um experimento para estudar a energia relativística, massa relativística e dilatação temporal.
- Divida a turma em três grupos e forneça a cada grupo um carrinho de brinquedo, um cronômetro e uma trena.
- Explique as instruções detalhadas do experimento aos alunos (apêndice mencionado no texto).
- Os alunos devem medir a distância percorrida pelo carrinho, o tempo gasto e calcular a velocidade e a energia cinética clássica do carrinho.
- Incentive os alunos a anotarem e registrarem os resultados.

5. Reflexão e cálculos (10 minutos):

- Peça aos alunos que, em seus grupos, reflitam sobre como a massa do carrinho pode influenciar a energia relativística e a dilatação temporal no experimento.
- Incentive-os a fazerem cálculos para determinar a energia relativística e a dilatação temporal do carrinho em diferentes velocidades.

6. Apresentação dos resultados (10 minutos):

- Peça a cada grupo que compartilhe seus resultados e conclusões com a turma.
- Incentive a discussão entre os grupos, comparando seus dados e análises.
- Ajude os alunos a conectar os resultados obtidos com os conceitos de energia relativística, massa relativística e dilatação temporal discutidos anteriormente.

7. Discussão em grupo (10 minutos):

- Promova uma discussão em grupo para refletir sobre os resultados do experimento.
- Incentive os alunos a discutirem a importância da energia relativística e da

dilatação temporal na teoria da Relatividade Especial.

- Explore as aplicações desses conceitos em situações do cotidiano e em outras áreas da ciência.

8. Conclusão e síntese (10 minutos):

- Faça uma síntese dos principais pontos discutidos ao longo das aulas.
- Destaque a importância da teoria da Relatividade Especial na compreensão do universo e suas implicações em diversas áreas da ciência.
- Encoraje os alunos a continuar explorando e estudando os conceitos da relatividade em suas pesquisas individuais.

**Avaliação:**

Participação ativa dos estudantes nas discussões em grupo, apresentações dos resultados e conclusões, bem como por meio da qualidade das respostas nas atividades de encerramento propostas.

**Quarto encontro**

**Tema:** Relatividade Geral e GPS

**Objetivo:** Apresentar aos estudantes os conceitos básicos da teoria da Relatividade Geral de Einstein e explorar a relação entre essa teoria e o sistema de posicionamento global (GPS).

**Duração:** 2 aulas (45 minutos cada).

**Recursos necessários:**



- Projetor para apresentação de slides.
- Computador.
- Quadro branco.
- Marcadores ou giz.
- Papel e canetas para os alunos.

**Aula 1:**

## 1. Introdução (5 minutos):

- Cumprimente os alunos e contextualize a aula, explicando que o objetivo é abordar a teoria da Relatividade Geral de Einstein.
- Faça uma breve revisão dos conceitos básicos da teoria da Relatividade Especial, para estabelecer uma base de conhecimento.

## 2. Apresentação de slides (15 minutos):

- Utilize uma apresentação de slides para introduzir os conceitos básicos da teoria da Relatividade Geral.
- Explique de forma clara e concisa que a gravidade é uma consequência da curvatura do espaço-tempo, causada pela presença de massa e energia no universo.
- Destaque a importância da teoria da Relatividade Geral para a compreensão do universo e o desenvolvimento de tecnologias modernas.

## 3. Discussão em grupo (20 minutos):

- Divida a turma em pequenos grupos de 4 a 5 alunos.
- Estimule os alunos a discutirem a ideia de que a gravidade é uma curvatura do espaço-tempo.

- Encoraje-os a fazer perguntas e propor exemplos para ilustrar os conceitos apresentados.
- Circule entre os grupos, ouvindo as discussões, esclarecendo dúvidas e estimulando a participação de todos.

4. Apresentação de exemplos (5 minutos):

- Peça a cada grupo que compartilhe um exemplo relacionado à teoria da Relatividade Geral, discutido durante a atividade em grupo.
- Incentive os alunos a explicarem como o exemplo ilustra os conceitos abordados.

**Aula 2:**

5. Recapitulação (5 minutos):

- Faça uma breve recapitulação da aula anterior, lembrando os conceitos discutidos e os exemplos apresentados pelos alunos.

6. Vídeo e análise (15 minutos):

- Apresente aos alunos um vídeo que explique como a teoria da Relatividade Geral influencia a precisão do GPS.
- O vídeo deve abordar a dilatação do tempo e a desaceleração dos relógios nos satélites devido à influência gravitacional terrestre.
- Após a exibição do vídeo, promova uma discussão em grupo sobre as informações apresentadas, incentivando os alunos a conectarem essas descobertas com os conceitos da teoria da Relatividade Geral.

7. Atividade prática (20 minutos):

- Divida a turma em pares ou trios e distribua folhas de papel e canetas.

- Peça aos alunos que realizem uma atividade prática relacionada à teoria da Relatividade Geral e ao GPS, como a resolução de um problema que envolva os conceitos discutidos.
- Circule entre os grupos, auxiliando-os e respondendo a possíveis dúvidas.

8. Discussão e conclusão (5 minutos):

- Reúna a turma novamente e peça aos alunos que compartilhem suas conclusões e reflexões sobre a relação entre o GPS e a teoria da Relatividade Geral.
- Estimule-os a pensar criticamente e compreender a importância de investigar fenômenos complexos para uma melhor compreensão da ciência.

**Avaliação:**

- A avaliação será realizada por meio da participação ativa dos alunos nas discussões em grupo e na atividade prática.
- Será avaliada a capacidade dos alunos de compreender e aplicar os conceitos apresentados nas aulas, assim como sua capacidade de fazer perguntas e propor exemplos para ilustrar os conceitos abordados.

**Quinto encontro**

**Objetivo:** Realizar uma atividade prática para ilustrar a curvatura do espaço-tempo em torno de um objeto massivo, com o objetivo de consolidar os conceitos abordados na teoria da relatividade geral.

**Duração:** 2 aulas (45 minutos cada)

**Recursos necessários:**

- Pedacos de tecido azul.
- Objetos com massas diferentes.
- Espaço adequado para a realização da atividade.
- Quadro branco
- Marcadores de quadro

**Aula 1:****1. Introdução (5 minutos):**

- Recapitule brevemente os conceitos básicos da teoria da relatividade geral, enfatizando a importância da curvatura do espaço-tempo.
- Explique que a aula será focada em uma atividade prática para ilustrar essa curvatura.

**2. Explicação teórica (10 minutos):**

- Apresente uma breve explicação sobre a curvatura do espaço-tempo e como ela é influenciada pela massa de um objeto.
- Reforce a importância da massa na criação de uma curvatura no espaço-tempo e sua relação com a gravidade.

**3. Atividade prática (25 minutos):**

- Distribua os materiais necessários para a atividade: pedacos de tecido azul e objetos com massas diferentes.
- Peça aos alunos que formem grupos de 3 a 4 pessoas.
- Instrua os grupos a colocarem o objeto pesado no meio do pedaco de tecido azul e, em seguida, estica-lo para que fique bem esticado.

- Peça que observem como o tecido é curvado em torno do objeto, representando a curvatura do espaço-tempo em torno de um objeto massivo.
- Circule entre os grupos, observando e auxiliando na realização da atividade. Encoraje os alunos a discutirem as observações e a trocarem ideias sobre a curvatura.

4. Discussão em grupo (5 minutos):

- Reúna a turma e promova uma discussão em grupo sobre as observações e experiências feitas durante a atividade prática.
- Incentive os alunos a compartilharem suas percepções e a relacionarem a atividade com os conceitos abordados na teoria da relatividade geral.

**Aula 2:**

5. Recapitulação (5 minutos):

- Faça uma breve recapitulação da aula anterior, lembrando os conceitos discutidos e as observações feitas pelos alunos durante a atividade prática.

6. Preparação da apresentação (25 minutos):

- Divida a turma em grupos e atribua a cada grupo um conceito específico abordado na teoria da relatividade geral.
- Instrua os grupos a prepararem uma apresentação oral de 5 minutos, utilizando recursos como desenhos, diagramas e exemplos para explicar o conceito atribuído.
- Os grupos devem se concentrar na clareza e na compreensão dos conceitos, tornando a apresentação interessante e acessível aos colegas de classe.

7. Apresentações e discussão (10 minutos):

- Dê a cada grupo a oportunidade de fazer sua apresentação oral para a turma.

- Após cada apresentação, permita que os outros grupos façam perguntas e promovam uma discussão sobre o conceito apresentado.

#### 8. Reflexão final (5 minutos):

- Encerre a aula dando aos alunos a oportunidade de refletirem sobre o que aprenderam durante toda a intervenção pedagógica sobre a teoria da relatividade geral.
- Incentive-os a compartilhar suas principais descobertas, dificuldades superadas e como os conceitos podem ser aplicados em suas vidas cotidianas.

#### **Avaliação:**

- A avaliação será feita por meio da observação do engajamento dos alunos durante a atividade prática e a participação nas discussões em grupo.
- Será avaliada a compreensão dos conceitos abordados, a clareza das apresentações realizadas pelos grupos e a capacidade de responder perguntas e promover discussões relevantes.
- Também será considerada a reflexão final dos alunos sobre o aprendizado durante a intervenção pedagógica.

### **Sexto Encontro**

**Tema:** Avaliação do Aprendizado em Relatividade Especial e Geral

**Objetivo:** Aplicar um questionário de pós-teste para avaliar a compreensão dos alunos em relação aos conceitos ensinados nas aulas de relatividade especial e geral.

**Duração:** 1 aula (45 minutos)

**Recursos necessários:**

- Questionário de pós-teste.
- Cópias do questionário para cada aluno.
- Lápis ou canetas para os alunos.

## 1. Introdução (5 minutos):

- Discuta brevemente a importância da avaliação para verificar o nível de compreensão dos alunos e identificar possíveis lacunas no aprendizado.

## 2. Explicação do questionário (5 minutos):

- Saliente que o questionário será respondido individualmente

## 3. Distribuição e resposta do questionário (30 minutos):

- Distribua uma cópia do questionário para cada aluno.
- Instrua os alunos a responderem o questionário de forma individual

## 4. Encerramento (5 minutos):

- Solicite aos alunos que entreguem o questionário preenchido ao final da aula.
- Reforce a importância do questionário para identificar o progresso individual e coletivo.

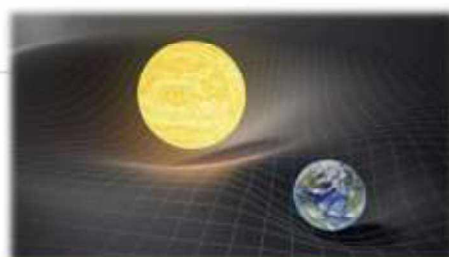
**Avaliação:** Será levado em consideração o esforço e a dedicação dos estudantes em responder ao questionário de forma individual e refletir sobre seu aprendizado.

## Apêndice D – Slides Utilizados durante a Intervenção.

### Slide 1

Título:

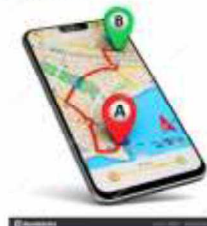
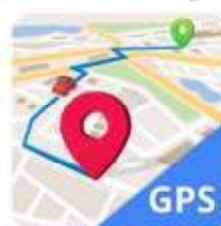
# Física Moderna



### Slide 2

## Interrogação inicial:

Vocês já se perguntaram por que os **GPSs** funcionam tão bem em todo o mundo, mesmo quando estamos em movimento? Como é possível que os satélites consigam nos encontrar e nos localizar com tanta precisão?





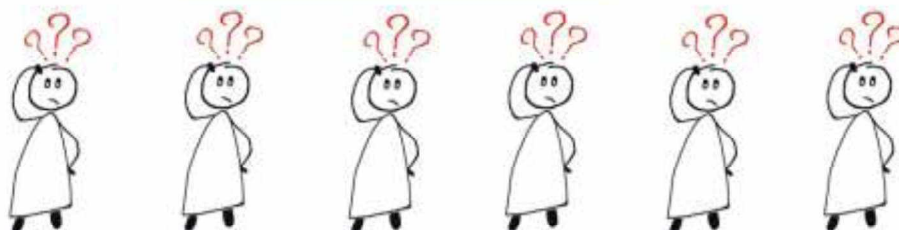
## Slide 3

**Resposta:**

Isso tem a ver com as teorias da  
relatividade!

## Slide 4

Você já teve algum contato  
prévio com as teorias da  
relatividade?



## Slide 5

# Teorias da Relatividade!

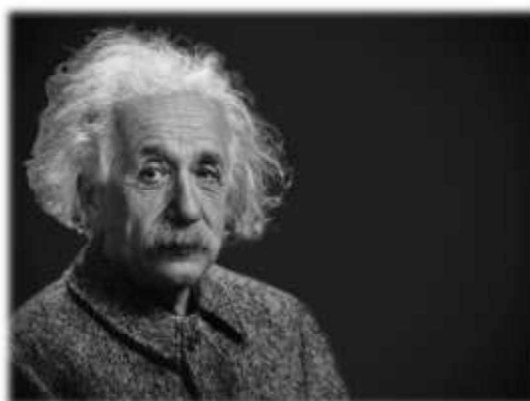


Existem duas teorias da relatividade, ambas propostas por **Albert Einstein** no início do século XX:

1. Teoria da Relatividade Especial: Proposta por Einstein em 1905.
2. Teoria da Relatividade Geral: Proposta por Einstein em 1915.

## Slide 6

Quem foi **Albert Einstein** e qual foi a sua contribuição para a ciência?

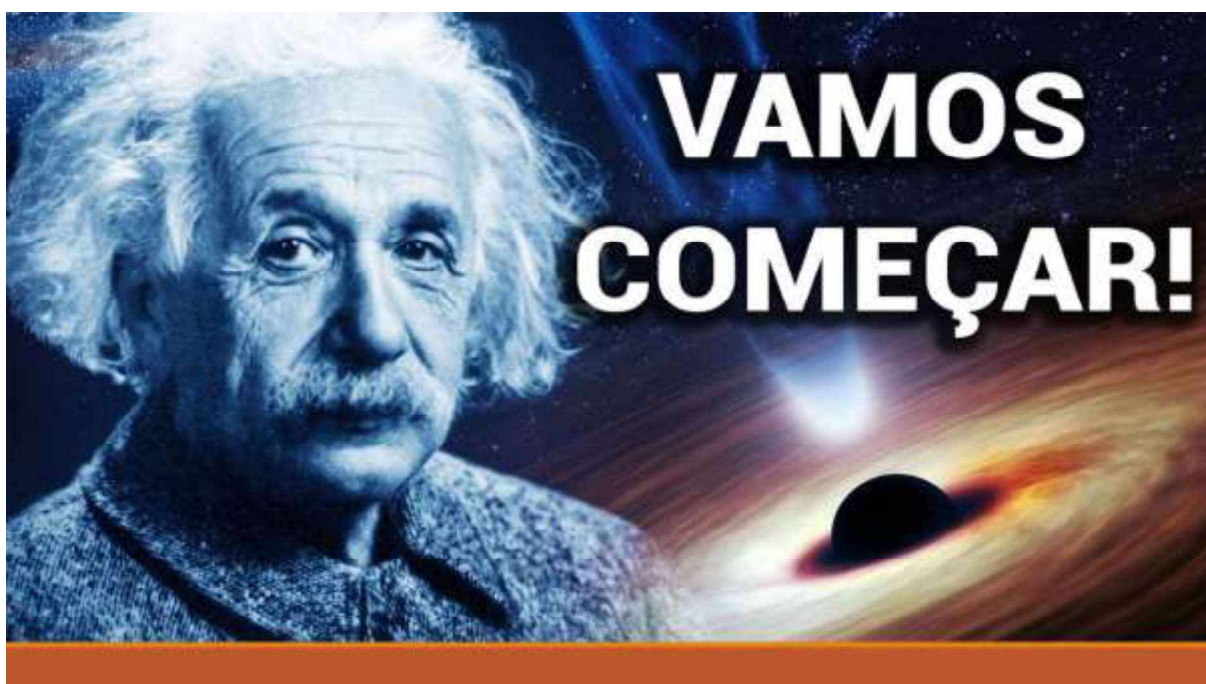


## Slide 7

Quem foi **Albert Einstein** e qual foi a sua contribuição para a ciência?

- Albert Einstein (14 de março de 1879 - 18 de abril de 1955) foi um físico teórico alemão que desenvolveu as teorias da relatividade e a famosa equação  $E = mc^2$ . Ele é amplamente considerado um dos cientistas mais influentes do século XX.
- Einstein publicou uma série de trabalhos que revolucionaram a física.
- Recebeu o Prêmio Nobel de Física por suas contribuições à física teórica.

## Slide 8



## Slide 9

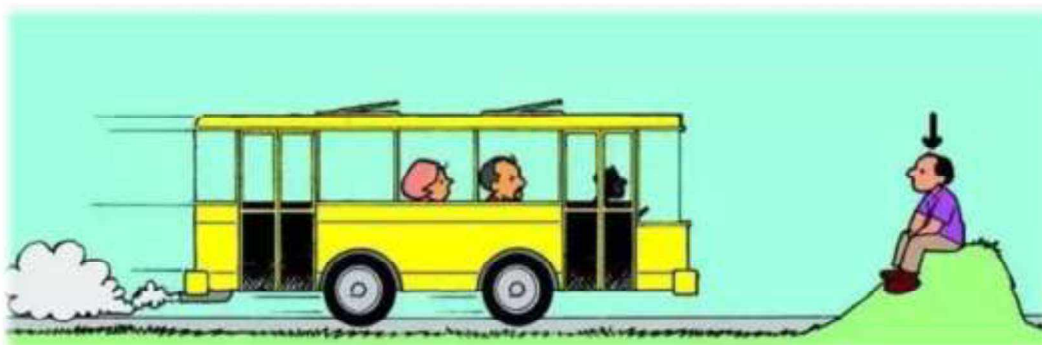
Para começar, vamos discutir o conceito de referencial!

---



## Slide 10

Já repararam que quando estamos dentro de um carro em movimento, as coisas do lado de fora parecem estar se movendo mais rápido ou mais devagar do que realmente estão?



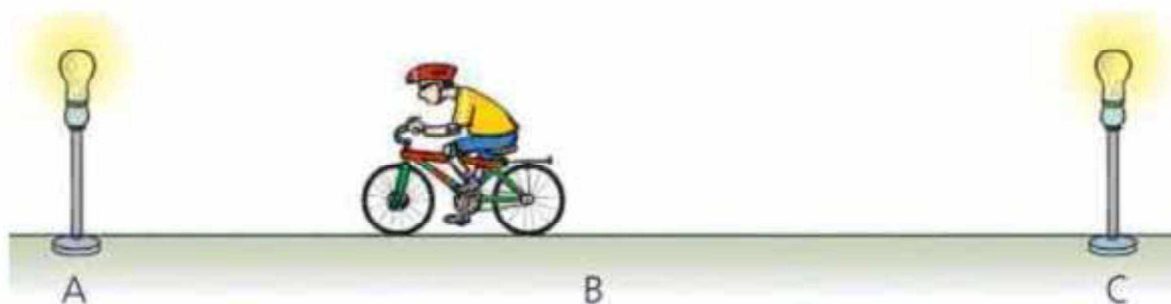
## Slide 11

Referenciais e simultaneidade!



## Slide 12

Referenciais e simultaneidade!





## Slide 13

## Prestem atenção na simulação virtual sobre: Referenciais e simultaneidade



[https://alloy.sites.ufsc.br/ejss\\_model\\_sim3/sim3\\_Simulation.xhtml](https://alloy.sites.ufsc.br/ejss_model_sim3/sim3_Simulation.xhtml)



[https://alloy.sites.ufsc.br/ejss\\_model\\_train/train\\_Simulation.xhtml](https://alloy.sites.ufsc.br/ejss_model_train/train_Simulation.xhtml)

## Slide 14

## Referenciais e simultaneidade!

**Dois eventos que são simultâneos para um observador em certo referencial inercial, não serão simultâneos em nenhum outro referencial que esteja se movendo em relação ao primeiro.**

## Slide 15

## Transformações e invariantes

---

A teoria da relatividade de Albert Einstein, proposta no início do século XX, introduziu importantes conceitos sobre as **transformações e invariantes** na física. Esses conceitos foram fundamentais para a compreensão de como as leis físicas se comportam em diferentes referenciais, ou seja, em diferentes sistemas de coordenadas em movimento em relação uns aos outros.

## Slide 16

## A relatividade de Galileu


---

A relatividade de **Galileu** é uma teoria física que afirma que as leis da física **são as mesmas** para todos **os observadores** em movimento uniforme em relação uns aos outros. Isso significa que, se você estiver em um trem em movimento uniforme em relação à estação, as leis da física que você observa dentro do trem serão as mesmas que alguém observando da estação.



## Slide 17

Linha do Tempo




Galileu Galilei

Fonte: www.bbc.com


physics

- Uma das mais importantes contribuições de Galileu foi a formulação do conceito de inércia, que mais tarde foi aproveitada por Newton, com sua primeira lei.
- **princípio da relatividade de Galileu:**  
"As leis da mecânica são as mesmas em qualquer sistema de referencial inercial."



## Slide 18


Linha do Tempo



Isaac Newton

physics


- O tempo era absoluto e que a simultaneidade independia do referencial.
- Acreditava que as leis da mecânica eram invariantes para os observadores localizados em referenciais inerciais.





## Slide 19

## \* Relatividade na Física Clássica



A mecânica de Isaac Newton estava bem estabelecida nas suas três leis e, juntamente com a eletrodinâmica e a termodinâmica, a física parecia completa.

## Slide 20

Divergência entre a relatividade clássica e as equações de Maxwell



Galileu Galilei



Isaac newton



James Clerk Maxwell

## Slide 21

## Divergência entre a relatividade clássica e as equações de Maxwell

---

A principal divergência entre a relatividade clássica e as equações de Maxwell está relacionada à natureza da luz e das ondas eletromagnéticas. Na física clássica, acreditava-se que a luz era uma onda eletromagnética que se propagava através do **éter**, um meio material que preenche todo o espaço. Já nas equações de Maxwell, a luz é descrita como uma onda eletromagnética que se propaga através de um campo eletromagnético.

## Slide 22

## Divergência entre a relatividade clássica e as equações de Maxwell

---

A física clássica tratava o tempo e o espaço como grandezas absolutas e independentes!



## Slide 23

Qual é a definição ou conceito de éter na física?



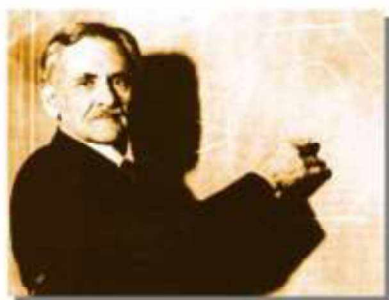
## Slide 24

Qual é a velocidade da Terra em relação ao “éter”?

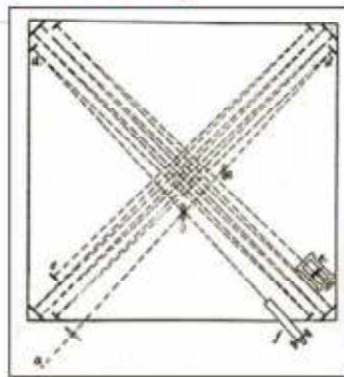


## Slide 25

## A Experiência de Michelson e Morley



Albert A. Michelson  
(1852-1931)



Interferômetro de  
Michelson (1887)

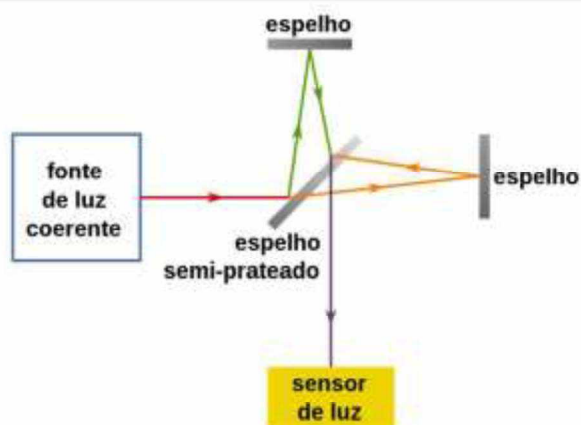
## Slide 26

## A Experiência de Michelson e Morley

A Experiência de Michelson e Morley foi um experimento realizado em 1887 por Albert Michelson e Edward Morley com o objetivo de medir a velocidade da Terra em relação ao éter..

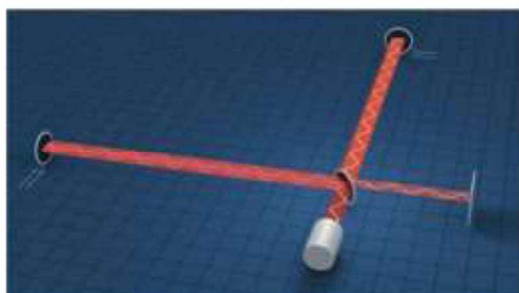
## Slide 27

## O experimento de Michelson e Morley

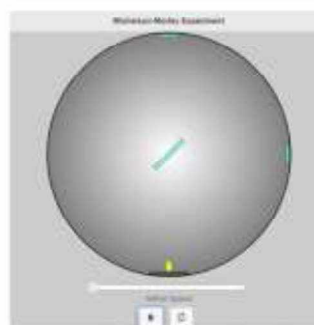


## Slide 28

## Animação e simulação virtual do experimento de Michelson e Morley



<https://www.youtube.com/watch?v=UA1qG7Fjc2A&t=56s>



[https://galileoandstein.phys.virginia.edu/more\\_stuff/Applets/MichelsonMorley/michelsonmorley.html](https://galileoandstein.phys.virginia.edu/more_stuff/Applets/MichelsonMorley/michelsonmorley.html)

## Slide 29

## Experimento de Michelson e Morley

---

Esse resultado foi uma das bases para a teoria da relatividade especial de Albert Einstein!

## Slide 30

## O tempo passa igual para todos?

---





## Slide 31

## A ideia de tempo

Isaac Newton, baseado em seus estudos, havia deixado o seguinte registro: *o tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si só e por sua própria natureza, flui de modo uniforme, não tendo relação com quaisquer coisas externas. Ele é também denominado duração.* Essa ideia de tempo está correta? Será que ela é ainda aceita pelos físicos nos dias atuais?



## Slide 32

## Questionamentos

**Como seria o resultado de tentar acompanhar um raio de luz com a mesma velocidade dele?**



## Slide 33

- A transformação de Galileu nos mostra que o tempo transcorrido de um evento arbitrário é o mesmo para qualquer referencial, isto é, na mecânica newtoniana todos os observadores são simultâneos.

Exemplo:

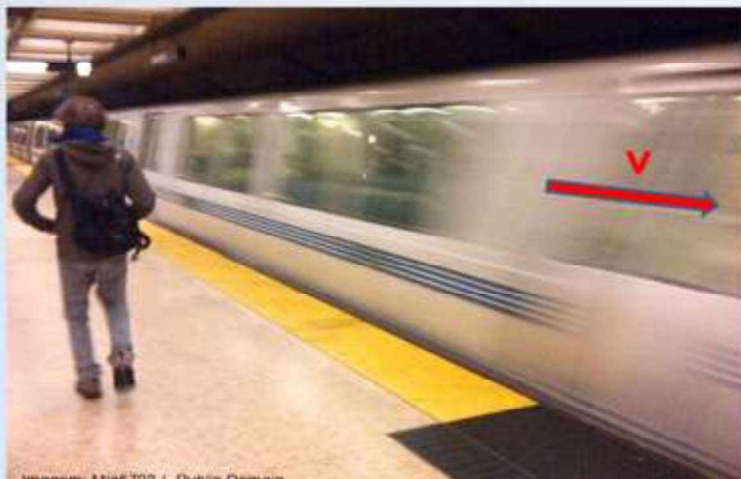
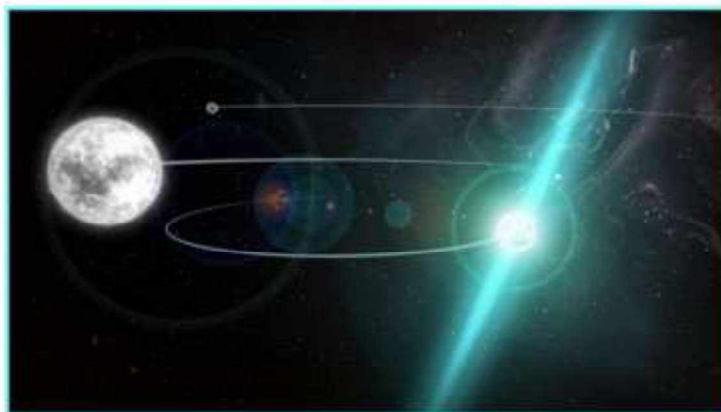


Imagem: Mia5793 / Public Domain

Suponha que o relógio do menino que observa o trem esteja sincronizado com o do seu amigo que viaja no mesmo. Ambos decidem cronometrar a duração de uma "bozinada" do trem. O que se observa é que no relógio de ambos serão registrados os mesmos valores !!

## Slide 34

# Teorias da Relatividade



Crédito: NRAO/AUI/NSF, S. Dagnello



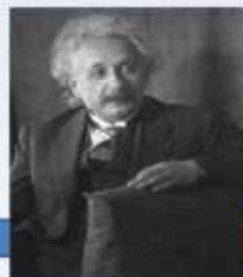
## Slide 35

## 1. Introdução: Motivações para uma nova teoria



A mecânica de Isaac Newton estava bem estabelecida nas suas três leis e, juntamente com a eletrodinâmica e a termodinâmica, a física parecia completa. Entretanto, existiam problemas que tal mecânica não conseguia explicar...

1905



... surge então a necessidade de ver a mecânica de uma nova forma, e Albert Einstein cria a Teoria da Relatividade Especial (ou restrita) em 1905, propondo assim novos conceitos sobre espaço e tempo, sendo este último tratado agora como uma nova dimensão.

Imagens: (a) Sir Godfrey Kneller / Retrato de Sir Isaac Newton / Public Domain e (b) Fotografia de Albet Eintein / Doris Ulmann / Library of Congress, Prints & Photographs Division, [reproduction number LC-USZC4-4940] / Public Domain.

## Slide 36

## 2. Cinemática relativística

Einstein inicia seu desenvolvimento da teoria da relatividade enunciando os dois famosos **postulados da relatividade especial**:

“As leis da física são as mesmas em qualquer referencial inercial.”

“A velocidade da luz tem o mesmo valor em qualquer referencial inercial.”

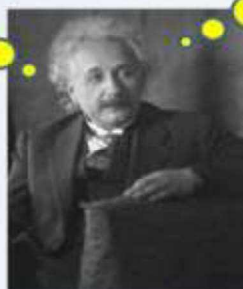


Imagem: Fotografia de Albet Eintein / Doris Ulmann / Library of Congress, Prints & Photographs Division, [reproduction number LC-USZC4-4940] / Public Domain.

## Slide 37

- A velocidade da luz foi medida experimentalmente, no vácuo, obtendo o valor  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.

▪ Como diz o segundo postulado, o valor  $c$  é o mesmo para qualquer referencial inercial. Isso quer dizer que se você pudesse viajar com metade da velocidade de um pulso de luz ( $c/2$ ), no mesmo sentido, esse ainda iria se mover com velocidade  $c$  em relação a você, e não  $c/2$ , como diz a mecânica clássica !!

- Um **referencial inercial** é aquele que está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU) em relação a um dado observador. Por exemplo, a terra é um referencial inercial para eventos locais e com curto intervalo de tempo. Um carro em velocidade constante é um referencial inercial, mas quando faz uma curva, deixa de ser, pois se torna um referencial acelerado.

## Slide 38

## A FÍSICA NO COTIDIANO

## Avião hipersônico australiano bate recorde mundial de velocidade

O avião hipersônico australiano HyCAUSE bateu o recorde mundial de velocidade em 15/06/2007 ao alcançar 11 000 km/h, o equivalente a Mach 10 — 10 vezes a velocidade do som (na altitude de voo). O recorde anterior era do X43- A, o protótipo de avião hipersônico da Nasa, que atingiu Mach 7 em março de 2004.

O HyCAUSE utiliza uma turbina especial, que exige uma pressão extremamente alta do ar que entra em sua abertura frontal. Essa pressão só é atingida a velocidades extremamente elevadas, o que impede que ele decole normalmente de um aeroporto, como os jatos normais.

No teste australiano, um foguete Talos levou-o para fora da atmosfera terrestre, atingindo 530 km de altitude. Ao reentrar na atmosfera, o jato atingiu a velocidade necessária para que seu motor funcionasse, batendo o recorde mundial de velocidade.

Enquanto um foguete precisa levar seu próprio oxigênio a bordo, o HyCAUSE queima seu combustível utilizando o oxigênio da atmosfera.

Além do próprio motor a combustão, os aviões hipersônicos estão exigindo o desenvolvimento de tecnologias totalmente novas, diferentes das tecnologias dos aviões tradicionais e dos foguetes. Entre os novos desenvolvimentos destacam-se os sistemas de controle de voo em velocidades hipersônicas e novos sistemas de telemetria e comunicação.



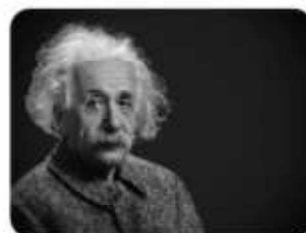
Fotografia da decolagem do avião hipersônico HyCAUSE. Fotografia de junho de 2007.

Fonte: <[www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010130070618](http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010130070618)>. Acesso em: 11 fev. 2016.

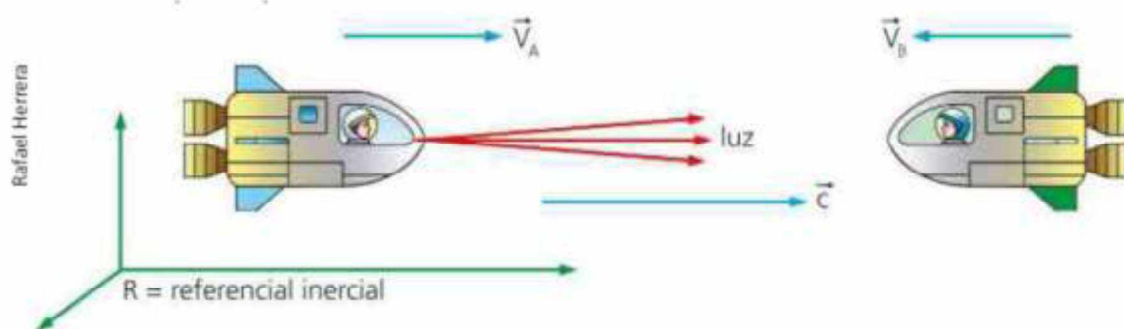
## Slide 39

Nas palavras do filósofo e matemático Bertrand Russell (1872-1970),

“Todos sabem que **Einstein** fez uma coisa assombrosa, mas muito poucos sabem exatamente o que foi.”



## Slide 40



## Slide 41

## Avião supersônico bate recorde de velocidade

Segundo seus fabricantes, durante o período de testes o Global 8000 atingiu **11.000 km/h**, ultrapassando dez vezes a velocidade do som



## Slide 42

## Dilatação do tempo

Os aviões supersônicos exibem atrasos sistemáticos em seus relógios, após voos em altas velocidades, e não se trata de mau funcionamento. Quando estão em repouso, os relógios funcionam da maneira "comum" ou esperada, e voltam a atrasar quando em altas velocidades; quanto maior a velocidade, maiores os atrasos. Parece, então, que o tempo escoava de modo distinto para diferentes referenciais.



## Slide 43

## Paradoxo dos gêmeos



## Slide 44

Existiam dois gêmeos idênticos, **A e B**. O gêmeo A fez uma viagem espacial para um planeta localizado a uma distância de 8 anos-luz da Terra e com uma velocidade de  $0,5c$ , enquanto o gêmeo B permaneceu na Terra. Ambos tiveram seus relógios ajustados e marcavam a mesma hora antes da viagem. Para o gêmeo que ficou na Terra, a distância percorrida pela nave permaneceu a mesma, mas para o que viajou com velocidade de  $0,5c$ , o cálculo da distância foi feito utilizando-se a equação da contração do comprimento. A distância percorrida pelo irmão que viajou foi de 7 anos-luz. Assim, a viagem para o gêmeo B demorou 16 anos ( $8/0,5$ ) para ida e 16 para volta, somando **32 anos**, enquanto para o gêmeo A foi de 14 ( $7/0,5$ ) anos para ida e 14 para a volta, totalizando **28 anos**. Percebemos que o gêmeo que ficou na Terra envelheceu 4 anos a mais do que o que viajou.

## Slide 45

## Contração do Espaço

Segundo a Teoria da Relatividade, os objetos que se movimentam a altíssimas velocidades sofrem uma contração na direção em que se deslocam. Esse efeito relativístico é conhecido como **contração do espaço**.

## Slide 46

## A massa relativística

Em consequência dos postulados da Relatividade Especial, a Física Moderna fornece uma expressão para o cálculo da massa relativística ( $m$ ), que varia de acordo com a velocidade ( $v$ ) do corpo em movimento:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Os valores de  $m$  e de  $m_0$  são medidos em relação a um mesmo referencial inercial, em que  $m_0$  = massa de repouso do corpo.

Note que massa não é quantidade de matéria. Portanto, o que aumenta com a velocidade não é a quantidade de matéria, mas a massa que mede a inércia do corpo.

## Slide 47

## A energia relativística

Quando você imaginaria que reduzindo a temperatura do seu suco de laranja, por exemplo, a massa dele diminui? E, ao contrário, aquecendo os alimentos, a massa deles aumenta? Evidentemente, a variação da massa relativística é tão ínfima que uma pessoa jamais poderia sentir a diferença.

Mas por que razão existe essa variação de massa, mesmo sem alterar a velocidade das coisas?

A razão é que existe uma equivalência entre energia e massa. A relação entre a energia relativística ( $E$ ) e a massa ( $m$ ) é determinada pela famosa fórmula de Einstein:

$$E = m \cdot c^2$$

A propósito, a energia de repouso ( $E_0$ ) de um corpo é dada por:

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

É fácil, então, concluir que a diferença entre a energia relativística e a energia de repouso estabelece o valor da energia cinética do corpo em movimento:

$$E_c = m \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2 \quad \text{ou} \quad E_c = (m - m_0) \cdot c^2$$

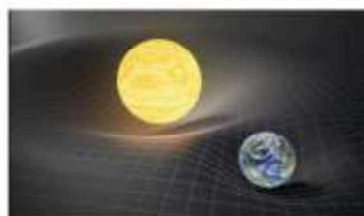


A massa dos alimentos aumenta com o aumento da temperatura.

## Slide 48

## A Relatividade Geral

Diversos experimentos e descobertas feitos no final do século XIX e início do século XX sobre o comportamento das ondas eletromagnéticas levaram Albert Einstein a postular sua Teoria da Relatividade Especial (ou Restrita).



## Slide 49

### A Relatividade Geral

---

No entanto, 10 anos após a publicação de sua Relatividade Restrita, Albert Einstein surpreendeu a mesma comunidade científica ao publicar sua Teoria da Relatividade Geral, considerada um grande avanço na maneira de observar o Universo.



## Slide 50

### Implicações da Relatividade Geral

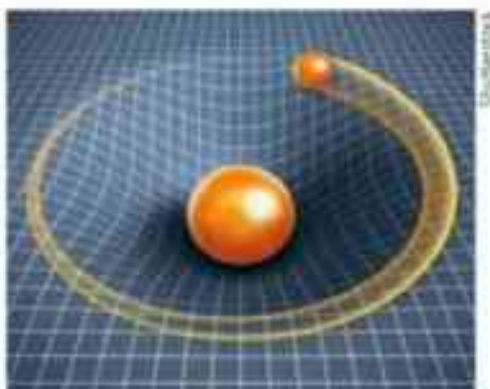
---

Entender o comportamento da luz quando esta interage com um corpo no espaço-tempo e entender que ela pode ser desviada pelo campo gravitacional provocado por esse corpo ajudou cientistas a realizarem diversas descobertas.



**Slide 51**

## Implicações da Relatividade Geral



Representação do campo gravitacional gerado pela curvatura do espaço-tempo.

## **8 . ANEXOS**

## **ANEXO A- TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você menor está sendo convidado a participar como voluntário (a) no estudo **ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NO ENSINO DA TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL E GERAL: POSSIBILIDADES NO ENSINO MÉDIO**, coordenado pelo professor **DR. GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO** e vinculado ao **UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES, UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA**.

Sua participação é voluntária e você poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade. Este estudo tem por objetivo **avaliar a possibilidade de trabalhar com atividades investigativas no ensino médio, em relação a conteúdos da teoria da relatividade especial e geral, que tenham relação com o cotidiano dos alunos e se faz necessário por elaboração de ensino investigativo que permitam maior autonomia dos estudantes do ensino médio através melhores experiencia durante as aulas.**

Caso decida aceitar o convite, você será submetido (a) ao(s) seguinte(s) procedimentos: **Responder questionários que irão verificar as contribuições das atividades investigativas no desenvolvimento da autonomia dos estudantes.** Os riscos envolvidos com sua participação são: **Esta pesquisa apresenta riscos mínimos para a saúde e integridade dos sujeitos envolvidos, mas pelo fato da presente pesquisa se tratar de uma abordagem na qual o objeto de estudo envolve seres humanos, existem algumas possibilidades de riscos tais como: Mudanças na autoestima produzidas pela rememoração de acontecimentos passados ou traumas; Fadiga, tédio, ou irritação causada durante a resolução de questionários; Constrangimento ao expor informações pessoais ou com relação a forma escrita das respostas;** . Os benefícios da pesquisa serão: **será fundamental para o desenvolvimento da autonomia dos alunos, bem como será de grande importância para a avaliar a possibilidade de introduzir o ensino por investigação como uma ferramenta didática nas turmas de ensino médio.**

Todas as informações obtidas serão sigilosas e seu nome não será identificado em nenhum momento. Os dados serão guardados em local seguro e a divulgação dos resultados será feita de maneira que não permita a identificação de nenhum voluntário.

Se você tiver algum gasto decorrente de sua participação na pesquisa, você será ressarcido, caso solicite. Em qualquer momento, se você sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, você poderá buscar o direito de ser indenizado.

Esta pesquisa atende às exigências das resoluções 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), as quais estabelecem diretrizes e normas regulamentadoras para pesquisas envolvendo seres humanos.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Formação de Professores (CFP) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) é um colegiado interdisciplinar e independente de caráter consultivo, deliberativo e educativo, que tem como foco central defender os interesses e a integridade dos participantes voluntários de pesquisas envolvendo seres humanos e, conseqüentemente, contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Você ficará com uma via rubricada e assinada deste termo e qualquer dúvida a respeito desta pesquisa, poderá ser requisitada a **DR. GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO**, ou ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos - CEP/CFP/UFCG cujos dados para contato

**Dados para contato com o responsável pela pesquisa**

**Nome:** Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo

**Instituição:** Universidade Federal de Campina Grande- Centro de Formação de Professores- Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza.

**Telefone:** (83) 9313-0950

**Email:** gualfig@ufcg.edu.br

**Dados do CEP**  
**Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Formação de Professores da**  
**Universidade Federal de Campina Grande- CEP/CFP/UFCG, situado a**  
**rua Sergio Moreira de Figueiredo, s/n, Bairro: Casas Populares,**  
**Cajazeiras - PB; CEP: 58.900-000.**  
**Email: cepcfpufcgcz@gmail.com**  
**Tel: (83) 3532-2075**

Declaro que estou ciente dos objetivos e da importância desta pesquisa, bem como a forma como esta será conduzida, incluindo os riscos e benefícios relacionados com a minha participação, e concordo em participar voluntariamente deste estudo.

#### **LOCAL E DATA**

\_\_\_\_\_  
Assinatura ou impressão datiloscópica do  
voluntário ou responsável legal

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do responsável pelo  
estudo

## **Anexo B- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado a participar como voluntário (a) no estudo **ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NO ENSINO DA TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL E GERAL: POSSIBILIDADES NO ENSINO MÉDIO**, coordenado pelo professor **DR. GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO** e vinculado ao **UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES, UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA**.

Sua participação é voluntária e você poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade. Este estudo tem por objetivo **avaliar a possibilidade de trabalhar com atividades investigativas no ensino médio, em relação a conteúdos da teoria da relatividade especial e geral, que tenham relação com o cotidiano dos alunos e se faz necessário por elaboração de ensino investigativo que permitam maior autonomia dos estudantes do ensino médio através melhores experiência durante as aulas.**

Caso decida aceitar o convite, você será submetido (a) ao(s) seguinte(s) procedimentos: **Responder questionários que irão verificar as contribuições das atividades investigativas no desenvolvimento da autonomia dos estudantes.** Os riscos envolvidos com sua participação são: **Esta pesquisa apresenta riscos mínimos para a saúde e integridade dos sujeitos envolvidos, mas pelo fato da presente pesquisa se tratar de uma abordagem na qual o objeto de estudo envolve seres humanos, existem algumas possibilidades de riscos tais como: Mudanças na autoestima produzidas pela rememoração de acontecimentos passados ou traumas; Fadiga, tédio, ou irritação causada durante a resolução de questionários; Constrangimento ao expor informações pessoais ou com relação a forma escrita das respostas;** Os benefícios da pesquisa serão: **será fundamental para o desenvolvimento da autonomia dos alunos, bem como será de grande importância para a avaliar a possibilidade de introduzir o ensino por investigação como uma ferramenta didática nas turmas de ensino médio.**

Todas as informações obtidas serão sigilosas e seu nome não será identificado em nenhum momento. Os dados serão guardados em local seguro e a divulgação dos resultados será feita de maneira que não permita a identificação de nenhum voluntário.

Se você tiver algum gasto decorrente de sua participação na pesquisa, você será ressarcido, caso solicite. Em qualquer momento, se você sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, você poderá buscar o direito de ser indenizado.

Esta pesquisa atende às exigências das resoluções 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), as quais estabelecem diretrizes e normas regulamentadoras para pesquisas envolvendo seres humanos.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Formação de Professores (CFP) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) é um colegiado interdisciplinar e independente de caráter consultivo, deliberativo e educativo, que tem como foco central defender os interesses e a integridade dos participantes voluntários de pesquisas envolvendo seres humanos e, conseqüentemente, contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Você ficará com uma via rubricada e assinada deste termo e qualquer dúvida a respeito desta pesquisa, poderá ser requisitada a DR. GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO, ou ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos - CEP/CFP/UFCG cujos dados para contato estão especificados abaixo.

**Dados para contato com o responsável pela pesquisa**

**Nome:** Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo

**Instituição:** Universidade Federal de Campina Grande – Centro de Formação de Professores- Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza.

**Telefone:** (83) 9313-0950

**Email:** gualfig@ufcg.edu.br

**Dados do CEP**

**Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Formação de Professores da Universidade Federal de Campina Grande- CEP/CFP/UFCG, situado a rua Sergio Moreira de Figueiredo, s/n, Bairro: Casas Populares, Cajazeiras - PB; CEP: 58.900-000.**

**Email: cepcfpufcgcz@gmail.com**

**Tel: (83) 3532-2075**

Declaro que estou ciente dos objetivos e da importância desta pesquisa, bem como a forma como esta será conduzida, incluindo os riscos e benefícios relacionados com a minha participação, e concordo em participar voluntariamente deste estudo.

**LOCAL E DATA**

\_\_\_\_\_  
Assinatura ou impressão datiloscópica do  
voluntário ou responsável legal

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do responsável pelo  
estudo



### 8.3 Anexo C- Parecer Consubstanciado do CEP

UFCG - CENTRO DE  
FORMAÇÃO DE  
PROFESSORES - CAMPUS DE  
CAJAZEIRAS DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NO ENSINO DA TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL E GERAL: Possibilidades didáticas no ensino médio.

**Pesquisador:** GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 67818323.8.0000.5575

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Numero do Parecer:** 5.977.836

##### Apresentação do Projeto:

No projeto de pesquisa ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NO ENSINO DA TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL E GERAL: Possibilidades didáticas no ensino médio, sob responsabilidade de GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO (CAAE: 67818323.8.0000.5575) será avaliado as possibilidades e desafios de trabalhar atividades investigativas no ensino da teoria da relatividade especial e geral, em uma turma de ensino médio, assim de contribuir para a participação ativa dos alunos na construção do próprio conhecimento, para se tornarem protagonistas no processo de ensino/aprendizagem. A pesquisa proposta é de cunho qualitativo e um estudo de caso, em que será abordado o estudo das teorias da relatividade aplicado ao cotidiano dos alunos. A prática pedagógica irá ocorrer no primeiro semestre de 2023, com cerca de 30 estudantes de uma turma de 3º ano de ensino médio, de uma escola pública do município de Bonito de Santa Fé- PB. As atividades propostas na presente pesquisa serão desenvolvidas em diversos espaços de aprendizagem, como a sala de aula ou laboratório de informática, e as atividades de investigação serão problematizadas, permitindo que os alunos possam levantar hipóteses e tirar suas próprias conclusões sobre os conteúdos da relatividade especial e geral.

**Endereço:** Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, s/n

**Bairro:** Casas Populares

**CEP:** 58.900-000

**UF:** PB

**Município:** CAJAZEIRAS

**Telefone:** (83)3532-2075

**E-mail:** cepc@ufcgz@gmail.com

**UFCG - CENTRO DE  
FORMAÇÃO DE  
PROFESSORES - CAMPUS DE  
CAJAZEIRAS DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE**



Continuação do Parecer 5.977.836

Trata-se de uma pesquisa de cunho qualitativo e pode também ser classificada como uma pesquisa descritiva, pois não se baseia em medição numérica, mas em descrições e observações. Na presente pesquisa será utilizado um questionário inicial como instrumento de coleta de dados, que tem o objetivo de buscar os conhecimentos prévios dos alunos com relação aos conteúdos da Física, e a partir disto ter um ponto inicial para as aulas que tem como ferramenta didática o ensino por investigação. Com isto, tenho o intuito de responder a problemática inicial da presente pesquisa, que conduz o desenvolvimento de tal estudo. Logo, será indicado todos os métodos que serão utilizados de modo que possa ser encontrado uma resposta para o problema inicial que está sendo retratado nessa pesquisa, cumprindo os objetivos propostos. Desta forma, a presente pesquisa será desenvolvida na Escola Estadual ECITE Monsenhor Moraes, localizada na cidade de Bonito de Santa Fé-PB, nas turmas da 3ª Série do Ensino Médio, contando com aproximadamente 30 (vinte) alunos, dentre os quais em sua maioria residem na referida cidade. Ao decorrer da pesquisa, uma sequência didática será desenvolvida durante as aulas, na qual será trabalhado atividades investigativas, filmes, experimentos e discussões com os alunos envolvendo os conceitos relativísticos, de forma que os alunos serão o agente ativo no processo de ensino/aprendizagem. Ao final da Sequência Didática será aplicado um questionário final que tem como objetivo detectar traços da autonomia dos alunos que foi desenvolvido por meio do ensino de física por investigação, em relação aos conteúdos da teoria da relatividade especial e geral.

**Objetivo da Pesquisa:**

De acordo com o pesquisador responsável GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO, os objetivos da pesquisa são:

**Objetivo Primário:** • Avaliar a possibilidade de trabalhar com atividades investigativas no ensino médio, em relação a conteúdos da teoria da relatividade especial e geral, que tenham relação com o cotidiano dos alunos.

**Objetivo Secundário:**

• Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio, em relação as teorias da relatividade;

**Endereço:** Rua Sergio Moreira de Figueiredo, s/n

**Bairro:** Casas Populares

**CEP:** 58.900-000

**UF:** PB

**Município:** CAJAZEIRAS

**Telefons:** (83)3532-2075

**E-mail:** capctputogcz@gmail.com

UFCG - CENTRO DE  
FORMAÇÃO DE  
PROFESSORES - CAMPUS DE  
CAJAZEIRAS DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE



Continuação do Parecer: 9.977/836

- Analisar a concepção dos alunos frente uma atividade investigativa;
- Verificar a compreensão dos estudantes acerca das aplicações da teoria da relatividade especial e geral no cotidiano.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

O pesquisador responsável GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO definiu os riscos e benefícios do projeto de pesquisa como:

**Riscos:** Esta pesquisa apresenta riscos mínimos para a saúde e integridade dos sujeitos envolvidos, mas pelo fato da presente pesquisa se tratar de uma abordagem na qual o objeto de estudo envolve seres humanos, e existem algumas possibilidades de riscos tais como: • Mudanças na autoestima produzidas pela rememoração de acontecimentos passados ou traumas; • Fadiga, tédio, ou irritação causada durante a resolução de questionários; • Constrangimento ao expor informações pessoais ou com relação a forma escrita das respostas; • Desistência ou recusa em participar do desenvolvimento da pesquisa. Considerando os riscos, ressalta-se novamente que todos os participantes terão o anonimato e sigilo de suas informações e atividades assegurados, além do respeito a suas diversidades, sejam elas: de gênero, raça, cor, crenças, etc., ao tomar os devidos cuidados na elaboração dos referidos questionários.

**Benefícios:** A presente pesquisa será fundamental para o desenvolvimento da autonomia dos alunos, bem como será de grande importância para a avaliar a possibilidade de introduzir o ensino por investigação como uma ferramenta didática nas turmas de ensino médio. É perceptível que ainda exista pouca abordagem sobre o Ensino da Física de forma investigativa no ensino médio, a presente pesquisa que será desenvolvida poderá servir de base não só para futuros pesquisadores, mas influenciará os leitores a possíveis trabalhos acadêmicos, bem como a elaboração de produtos educacionais.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O presente projeto de pesquisa trata-se de um trabalho de conclusão de curso (TCC) cujo responsável é GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O pesquisador responsável GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO anexou os seguintes documentos

Endereço: Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, s/n  
Bairro: Casas Populares CEP: 58.900-000  
UF: PB Município: CAJAZEIRAS  
Telefone: (83)3532-2075 E-mail: oepcputcgcz@gmail.com

UFCG - CENTRO DE  
FORMAÇÃO DE  
PROFESSORES - CAMPUS DE  
CAJAZEIRAS DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE



Continuação do Parecer: 5.977.836

ao protocolo de pesquisa:

Projeto de pesquisa detalhado

Termo de anuência

TGLE

TALE

Questionário da pesquisa

Termo de compromisso do pesquisador

Termo de compromisso de divulgação dos resultados

Cronograma

Orçamento

Outros: Currículos.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O projeto de pesquisa ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NO ENSINO DA TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL E GERAL: Possibilidades didáticas no ensino médio., número 67818323.8.0000.5575 e sob responsabilidade de GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO atende aos preceitos éticos recomendados para trabalhos que envolvem seres humanos e, portanto, somos favoráveis à sua APROVAÇÃO.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Solicitamos que o relatório do presente projeto de pesquisa seja enviado a este CEP em um prazo máximo de seis meses a contar da sua data de aprovação.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES BÁSICAS DO PROJETO_2050149.pdf	08/03/2023 17:35:15		Aceito
Outros	questionario_pre_e_pos_teste.pdf	08/03/2023 17:34:27	ENIO QUEIROZ DE ARAUJO	Aceito
Projeto Detalhado ; Brochura Investigador	projeto_de_pesquisa_detalhado.pdf	08/03/2023 17:29:20	ENIO QUEIROZ DE ARAUJO	Aceito
Outros	termo_de_compromisso_de_divulgacao_resultados.pdf	07/03/2023 18:04:34	ENIO QUEIROZ DE ARAUJO	Aceito

Endereço: Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, s/n

Bairro: Casas Populares

CEP: 58.900-000

UF: PB

Município: CAJAZEIRAS

Telefone: (83)3532.2675

E-mail: cepcipcgc@gmail.com

**UFCG - CENTRO DE  
FORMAÇÃO DE  
PROFESSORES - CAMPUS DE  
CAJAZEIRAS DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE**



Continuação do Parecer: 5.977.836

Outros	termo_de_anuencia.pdf	07/03/2023 18:02:54	ENIO QUEIROZ DE ARAUJO	Aceito
TCLÉ / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tale_tcle.pdf	07/03/2023 17:55:46	ENIO QUEIROZ DE ARAUJO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termo_de_compromisso_pesquisadores.pdf	07/03/2023 17:50:36	ENIO QUEIROZ DE ARAUJO	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	07/03/2023 17:25:51	ENIO QUEIROZ DE ARAUJO	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_assinada.pdf	07/03/2023 17:24:55	ENIO QUEIROZ DE ARAUJO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CAJAZEIRAS, 31 de Março de 2023

\_\_\_\_\_  
**Assinado por:**  
**Paulo Roberto de Medeiros**  
**(Coordenador(a))**

Endereço: Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, s/n  
Bairro: Casas Populares CEP: 58.900-000  
UF: PB Município: CAJAZEIRAS  
Telefone: (83)3532-2075 E-mail: cepec@ufcgz@gmail.com