



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

Felipe Mateus Dos Santos Costa

A Utilização de Vídeos como Recurso Didático no Ensino de Física Moderna

Teresina/PI

2024



A UTILIZAÇÃO DE VÍDEOS COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA

Felipe Mateus Dos Santos Costa

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Federal do Piauí para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Ildemir Santos

Co-orientador: Isaac Newton

Teresina/PI

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Sistema de Bibliotecas UFPI - SIBi/UFPI
Biblioteca Setorial do CCN

C837u Costa, Felipe Mateus dos Santos.
A utilização de vídeos como recurso didático no ensino de física moderna / Felipe Mateus dos Santos Costa. – Teresina, 2025.
61 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Piauí. Centro de Ciências da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2025.
“Orientador: Prof. Dr. Ildemir Ferreira dos Santos”.

1. Física - Estudo e Ensino. 2. Ensino aprendizagem. 3. Recurso didático - videos. 4. Física moderna. I. Santos, Ildemir Ferreira dos. II. Título.

CDD 530.7

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes - CRB3/1461

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI
Pró-reitoria de Ensino de pós-Graduação - PRPG
Coordenadoria Geral de Pós-Graduação - CGP
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF – Polo 26 UFPI
ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
FELIPE MATEUS DOS SANTOS COSTA

Às dez horas do dia vinte de agosto de dois mil e vinte e quatro, reuniu-se no auditório do Departamento de Física da UFPI a Comissão Julgadora da dissertação intitulado "A UTILIZAÇÃO DE VÍDEOS COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA" do discente Felipe Mateus dos Santos Costa, composta pelos professores Ildemir Ferreira dos Santos (orientador, UFPI), Jonathan da Rocha Martins (UFPI) e Paulo Henrique Ribeiro Barbosa (UFPI), para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o Orientador e Presidente da Comissão, Prof. Ildemir Ferreira dos Santos, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerado APROVADO, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente ao discente pelo Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, a Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 27 de agosto de 2024.

Prof. Ildemir Ferreira dos Santos (UFPI)



Documento assinado digitalmente

ILDEMIR FERREIRA DOS SANTOS

Data: 27/08/2024 08:31:54-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Presidente da Comissão Julgadora

Prof. Jonathan da Rocha Martins (UFPI)



Documento assinado digitalmente

JONATHAN DA ROCHA MARTINS

Data: 28/08/2024 09:10:30-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro Externo ao Programa

Prof. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa (UFPI)



Documento assinado digitalmente

PAULO HENRIQUE RIBEIRO BARBOSA

Data: 27/08/2024 20:23:26-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro Interno ao Programa

Felipe Mateus Dos Santos Costa

A Utilização de Vídeos como Recurso Didático no Ensino de Física Moderna

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Dr. Ildemir Santos, Dr.(a)
Universidade Federal do Piauí

Prof.(a) Paulo Henrique Ribeiro Barbosa, Dr.(a)
Universidade Federal do Piauí

Prof.(a) Jonahan da Rocha Martins, Dr.(a)
Universidade Federal do Piauí

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ensino de Física

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof.(a) Dr. Ildemir Santos, Dr.(a)
Orientador

Teresina, 2024.

Dedicado a minha família em especial a meu pai, minha
mae, irmão, cunhada, afilhados, tios, primos e amigos
que compartilharam desta caminhada comigo . .

Agradecimentos

Agradecer primeiramente a Deus por me permitir realizar o sonho do mestrado, por me sustentar até aqui, e me permitir a alegria mesmo diante das dificuldades nunca desistir dos meus sonhos.

Agradecer aqueles que dormem tarde e acordam cedo para possibilitar o máximo possível que eu e meu irmão tenhamos uma boa educação. Realizar esse sonho não só por mim mas por meus pais também, minha mãe Antônia do Carmo Lopes dos Santos Costa e meu Pai Francisco de Meneses Costa Filho, estes que fizeram e fazem tanto por mim, um amor eterno e muita gratidão a Deus por ter benção como meus pais.

Ao meu irmão Ezequiel dos Santos Costa, minha cunhada Luisa Nakayama Madeiro por todo companheirismo e por nos agraciar com a pessoa que nos dá alegria e paz diariamente, minha afilhada Maria Laura Nakayama dos Santos, que com tanta alegria sempre nos mostra o lado bom da vida.

Aos amigos que nos acompanha nessa caminhada, que na correria nos dão apoio sempre que possível.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Ildemir Santos por todo apoio e ajuda nesse período, a troca de conhecimento com toda certeza foi extremamente edificante.

Meus irmãos, considerem motivo de grande alegria o fato de passarem por diversas provações, pois vocês sabem que a prova da sua fé produz perseverança.

Tg 1, 2-3

Resumo

Este trabalho de pesquisa propôs estudar métodos que possibilitem o estudo de Física moderna e contemporânea ao montar um plano de curso e como recurso didático utilizar vídeos que possibilitem uma melhor compreensão dos conceitos necessários que é o objetivo principal deste trabalho, verificar a eficácia do uso de vídeos no ensino de Física moderna. Diante da dificuldade de apresentar na educação básica este tópico é excluído muitas vezes, pouco cobrado em vestibulares, e uma parte tão importante e necessária para um mundo de acelerado avanço tecnológico. Baseado na teoria educacional de David Ausubel, Teoria da aprendizagem significativa, a busca por agregar o novo conhecimento ao conhecimento já existente dos alunos através dos filmes e séries que já foram assistidos pelos alunos é o grande desafio. Os vídeos diminuirão as dificuldades expressas por professores já que muitos conceitos são abstratos, as experiências difíceis de mostrar, sendo um recurso extremamente benéfico.

Palavras-chave: Física Moderna. Recurso Didático . Ensino de Física.

Abstract

This research work proposed to study methods that enable the study of modern and contemporary Physics by designing a course plan and using videos as a didactic resource to facilitate a better understanding of the necessary concepts. The main objective of this work is to verify the effectiveness of using videos in teaching modern Physics. Given the difficulty of presenting this topic in basic education, it is often excluded and is rarely covered in university entrance exams. This topic is crucial and necessary for a world of rapid technological advancement. Based on David Ausubel's educational theory, the Theory of Meaningful Learning, the challenge is to integrate new knowledge with the students' existing knowledge through films and series they have already watched. The videos will reduce the difficulties expressed by teachers since many concepts are abstract and experiments are difficult to demonstrate, making it an extremely beneficial resource."

Keywords: Modern Physics. Teaching Resource. Physics Education.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	INTRODUÇÃO À FÍSICA MODERNA	6
2.1	A Crise da física do Século XX	7
2.2	Experiência de Michelson-Morley	9
2.3	A Catástrofe do Ultravioleta	11
2.4	Relatividade	14
2.5	Mecânica Quântica	18
2.5.1	Equação de Schrödinger	22
3	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	26
3.1	Conceitos Fundamentais da Teoria da Aprendizagem Significativa	26
3.2	Tipos de Aprendizagem Significativas	30
3.2.1	Aprendizagem representacional	30
3.2.2	Aprendizagem de conceitos	30
3.2.3	Aprendizagem proposicional	30
3.3	Utilização de Vídeos no Ensino de Física Moderna	33
3.4	Relação da Teoria da Aprendizagem Significativa com a Sequência Didática	34
4	METODOLOGIA	39
4.1	Roda de Conversa	39
4.2	Utilização de Vídeos como recurso didático	41
4.3	Coleta de Dados	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5.1	Roda de Conversa	44
5.2	Utilização dos vídeos	45
5.3	Apresentação dos Seminários	46
6	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A educação brasileira, desde a inserção do ensino de ciências na primeira metade do século XIX de forma não obrigatória até os dias atuais, a Física apresentada em sala de aula tem o mesmo foco: o ensino da física clássica, oriunda basicamente da tríade Galileu, Copérnico e Newton até a teoria eletromagnética do fim do século XIX. A Física Moderna e contemporânea como traz alguns estudos é a parte da Física que se inicia na primeira metade do século XX a partir dos trabalhos de Planck a respeito da mecânica quântica que passa a estudar os fenômenos em escala atômica, os estudos de Einstein com a relatividade, que explica os fenômenos em escalas astronômicas, envolvendo grandes quantidades de energia e massas. Também no final da segunda guerra mundial o campo de estudos com partículas subatômicas a Física avança nesse campo de pesquisa ampliando horizontes (RODRIGUES, 2022).

Atualmente muito se fala em computadores quânticos, ondas gravitacionais, a curiosidade sobre o que há no espaço fora da Terra o que atrai muito a atenção do alunado. A evolução nas pesquisas em Física tem contribuído bastante na tecnologia, medicina e engenharia. É preocupante como o ensino de ciências, particularmente a Física no ensino médio, não tem acompanhado esse desenvolvimento e cada vez mais se distancia das necessidades dos alunos no que diz respeito ao estudo de conhecimentos científicos mais atuais. A mudança do currículo nacional é algo urgente e preciso Moreira (2003) argumenta que é essencial que o currículo escolar reflita esses avanços para garantir que os estudantes estejam atualizados com o conhecimento científico contemporâneo.

As dificuldades para o ensino de Física moderna e contemporânea no ensino médio são os mais variados. Um dos maiores obstáculos no ensino de Física Moderna é a abstração dos conceitos. Teorias como a Relatividade Geral e a Mecânica Quântica introduzem ideias que são contraintuitivas e frequentemente contrárias à experiência cotidiana dos estudantes. (MOREIRA, 2000a) enfatiza que esses conceitos são desafiadores porque requerem um nível de pensamento abstrato que muitos alunos ainda não desenvolveram completamente. A Física Moderna exige um alto nível de conhecimento matemático. Moreira (2005) discute que a compreensão adequada de teorias como a Relatividade Geral e a Mecânica Quântica exige familiaridade com o cálculo diferencial e integral, além de álgebra linear. O que exige do professor um abrangente conhecimento para uma transposição didática. A experimentação é uma parte crucial do aprendizado em ciências. No entanto, muitos fenômenos da Física Moderna não podem ser facilmente demonstrados em um laboratório escolar. Moreira (2009) observa que essa limitação reduz a tangibilidade dos tópicos estudados e a capacidade dos alunos de visualizar e experimentar os conceitos de primeira mão. Mesmo diante desses empecilhos com o advento da tecnologia pode-se utilizar diversas ferramentas tornando a aprendizagem significativa. Assim podemos destacar que:

“[...] É viável ensinar FMC no EM, tanto do ponto de vista do ensino

de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos [...] Se houve dificuldades de aprendizagem não foram muito diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos da física clássica [...] Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais didáticos estiverem disponíveis.”

(OSTERMANN; MOREIRA, 2000)

Pode-se destacar que com o preparo docente correto e com a metodologia apropriada, ensinar Física Moderna torna-se totalmente viável, neste trabalho foi estudado como o uso de vídeos pode auxiliar no ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Tendo em vista as dificuldades descritas anteriormente o trabalho busca sanar a ausência de experimentos na área possibilitando assim uma aprendizagem significativa.

A pesquisa desenvolvida nesse trabalho é baseado na aprendizagem significativa. David Ausubel propôs que a aprendizagem significativa ocorra quando a nova informação é ancorada em conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Isso contrasta com a aprendizagem mecânica, onde a informação é memorizada sem compreensão real (AUSUBEL, 1968). Moreira (1997) reforça que o conhecimento prévio é crucial para a aprendizagem significativa, ou seja, compreender o que o aluno trás como conhecimento é necessário e ter também uma compreensão da chamada Física Clássica que formam a base para os estudos futuros. Os organizadores prévios, que são elementos instrucionais utilizados para ajudar na integração de novas informações com os conhecimentos prévios do aluno, nesse contexto terá papel crucial, Ausubel propôs o uso de organizadores prévios para preparar os alunos para o novo material. Moreira (2002) recomenda o uso de organizadores prévios no ensino de Física Moderna para introduzir conceitos básicos antes de aprofundar-se em teorias mais complexas. Os conceitos referente a teoria da aprendizagem significativa serão apresentados em um capítulo posterior.

A evolução histórica do currículo brasileiro voltado para o ensino de ciências, com foco específico em Física, é iniciado na década de 60 após a implementação nos Estados Unidos e, logo após, na América Latina, inclusive no Brasil, do projeto Physical Science Study Committee, o PSSC. O Physical Science Study Committee (PSSC) foi uma iniciativa educacional pioneira nos Estados Unidos, criada no final dos anos 1950, com o objetivo de reformar o ensino de ciências, especialmente a física, nas escolas secundárias. A comissão foi formada em resposta à necessidade de melhorar a educação científica durante a Guerra Fria, em um momento em que a superioridade tecnológica era crucial para a segurança nacional.

Analisando o desenvolvimento educacional no Brasil Rosa e Rosa (2012)

“a história da educação nacional pode ter sido iniciada em 1549, com a vinda do primeiro governador-geral, Tomé de Souza, para o Brasil. Com ele vieram seis jesuítas, primeiros responsáveis pelo ensino no país que, junto com os demais que aqui se instalaram, tinham por finalidade a

educação e a evangelização dos brancos mais abastados, dos nativos e também dos mais pobres”

Com a vinda dos Jesuítas, trazem o modelo parisiense de educação onde as pessoas eram divididas em grupos de acordo com seu grau de conhecimento e a evolução de série acontecia de acordo com adquirir todo o conhecimento necessário (ALVES, 2005).

A introdução do ensino de ciências ocorreu lentamente, com a criação de algumas instituições de ensino superior, como a Escola de Engenharia e a Faculdade de Medicina, que começaram a oferecer disciplinas científicas. Após a expulsão dos Jesuítas e a vinda da família real portuguesa. A educação pública expandiu-se, mas o ensino de ciências ainda era incipiente. As reformas educacionais começaram a introduzir disciplinas científicas no currículo escolar. Em 1890 foi incluído na educação básica brasileira o conteúdo de Ciências Fundamentais (Matemática, Astronomia, Física, Química, Biologia e Sociologia), conforme apregoado pelos defensores do positivismo, como Augusto Comte. Em 1903 tornou-se obrigatório laboratório para o ensino de Física e Química (ROSA; ROSA, 2012).

A industrialização do Brasil e a necessidade de formação de mão de obra qualificada impulsionaram a reforma educacional. A Física começou a ser vista como uma disciplina essencial para o desenvolvimento tecnológico. A inovação mais significativa da reforma Francisco Campos foi a criação da Faculdade de Educação, Ciências e Letras, mostrando a preocupação em formar professores preparados para o ensino secundário das elites. A introdução de novas metodologias e currículos, após o manifesto dos pioneiros da educação nova, onde exigia o plano científico, visava alinhar o ensino de física às necessidades do mercado de trabalho e à modernização do país.

Rui Barbosa declara-se abertamente favorável à inserção e à obrigatoriedade do ensino de Ciências, desde o jardim da infância, ele explicita em suas obras a necessidade de que a disciplina de Ciência (Física, Química e Biologia) fosse incorporada aos currículos escolares, pois a considerava primordial para o homem desfrutar dos avanços da sociedade (LUCAS M. A. O.; MACHADO, 2002). O regime militar implementou uma série de reformas educacionais que enfatizaram a ciência e a tecnologia como fundamentais para o desenvolvimento nacional. O ensino de física foi reforçado, mas o período também foi marcado por uma abordagem tecnicista, com pouca ênfase no pensamento crítico e na formação cidadã.

A partir de 1956, inicia-se uma corrida ao desenvolvimento científico tecnológico nos Estados Unidos, o que acabou por se refletir no ensino de Ciências no Brasil. O período passa a ser conhecido no ensino de Ciências como a era dos projetos, os Projetos de ensino de Ciências no Ensino Secundário, com as disciplinas de Química, Física, Biologia e Geociência. Assim chega ao plano PSSC, não foi o único, porém o mais difundido no Brasil. (MOREIRA, 2000b) enfatiza que o ensino de Física pode ser considerada a partir do PSSC, devido à influência que este teve no desenvolvimento da disciplina, destaca que esse projeto pecou por não considerar aspectos vinculados à aprendizagem, enfatizando

exclusivamente o processo de ensino:

“(...) os projetos foram muito claros em dizer como se deveria ensinar a Física (experimentos, demonstrações, projetos, “hands on”, história da Física), mas pouco ou nada disseram sobre como aprender-se-ia esta mesma Física. Ensino e aprendizagem são interdependentes; por melhor que sejam os materiais instrucionais, do ponto de vista de quem os elabora, a aprendizagem não é uma consequência natural. (MOREIRA, 2000a)”.

oda a Física apresentada é a chamada clássica, ao qual apresenta as descobertas até Maxwell com eletromagnetismo.

A partir da década de 1960, o modelo de ensino passa a ser centrado na redescoberta, que pregava a participação ativa dos estudantes. Mas a concepção de ensino de ciência continuava baseada na transmissão, assimilação e reprodução. Mesmo com as Feiras de Ciências e a realização de experimentos científicos para a “descoberta” de determinados fenômenos, em sala de aula prevalecia o ensino por transmissão/recepção. Sendo reforçado a concepção empirista/indutivista. Até os dias atuais a concepção de ciências continua muito parecida, mesmo diante de tanto conhecimento produzido em busca de metodologias alternativas.

O ensino de Física enfrenta grandes desafios que são acumulativos desde o início da implementação no currículo nacional. Pode-se destacar algumas dificuldades Um dos maiores desafios é a formação inicial e continuada dos professores de física. Muitos docentes ainda enfrentam dificuldades para implementar metodologias inovadoras e contextualizadas. Programas de formação continuada, cursos de atualização e maior valorização profissional são essenciais para melhorar a qualidade do ensino de física, A falta de infraestrutura adequada e recursos didáticos, como laboratórios bem equipados e materiais didáticos atualizados, limitam a eficácia do ensino de física. O que leva ao entendimento da enorme dificuldade e resistência em implementar Física Moderna nas salas de aula.

Com as dificuldades enfrentadas e olhando o currículo da educação brasileira onde apresenta a lei 9394/96 (Lei de diretrizes e base – LDB) que propõe que a educação básica tem como objetivo principal “desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”, nesse intuito a partir de 2017 através da lei 13.415 de 16 de fevereiro de 2017 reformulou a LDB sendo intitulado novo ensino médio onde apresenta uma nova carga horária. Havendo uma série de reclamações por conta de educadores e especialistas da área educacional, diante disso houve uma mudança alterando a carga horária, para o novo ensino médio destaca-se a parte intitulada itinerário formativo.

“Os itinerários formativos são o conjunto de disciplinas, projetos, oficinas, núcleos de estudo, entre outras situações de trabalho, que os estudantes poderão escolher no ensino médio. Os itinerários formativos podem se aprofundar nos conhecimentos de uma área do conhecimento (Matemáticas e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Ciências da

Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas) e da formação técnica e profissional (FTP) ou mesmo nos conhecimentos de duas ou mais áreas e da FTP.” (BRASIL 2017)

Os itinerários formativos tendo como função aprofundar em conteúdos dentro das áreas do conhecimento e dentre elas Física Moderna e Contemporânea, logo surge os questionamentos: Como encontrar a melhor metodologia para apresentar a FMC no ensino médio? Quais as dificuldades pode-se sanar utilizando vídeos de divulgação científicas? E como estruturar conteúdos de forma a deixar compreensível dentro de uma construção histórica da ciências? Pensando nisso foi planejado uma estrutura de conteúdos e alguns vídeos que funcionam como organizadores prévios, uma introdução aos conteúdos ou como finalização do conteúdo para facilitar a visualização e dos conteúdos.

O uso de vídeos como recursos didáticos tem se tornado cada dia mais comum nas salas de aula devido à sua capacidade de engajar estudantes e facilitar a compreensão de conceitos complexos. (MAYER, 2002) destaca que os vídeos podem integrar texto, imagem e som para proporcionar uma experiência de aprendizado mais rica, permitindo que os alunos entendam melhor os conceitos abstratos e complexos, ou seja, a utilização dos vídeos podem facilitar o entendimento de conceitos difíceis com a utilização de representações visuais e auditivas. Outro benefício do uso dos vídeos é os vídeos são ferramentas eficazes para captar e manter a atenção dos alunos. De acordo com nada (a) , o uso de vídeos pode aumentar a motivação e o interesse dos estudantes, tornando as aulas mais dinâmicas e atraentes. Isso é especialmente útil em tópicos que os alunos possam considerar difíceis ou pouco interessantes. Os vídeos oferecem flexibilidade tanto para professores quanto para alunos. Eles podem ser assistidos várias vezes, permitindo que os alunos revisem o conteúdo conforme necessário. (RENSKY, 2001) sugere que o uso de vídeos pode encorajar os alunos a se envolverem mais profundamente com o material, explorando ideias e conceitos por meio de atividades práticas. Como pode-se ver a quantidade de benefícios em utiliza vídeos como recursos didáticos é gigantesca e que pode auxiliar no ensino de uma parte tão complexa e pouco utilizada no ensino. Os vídeos permitem que os professores diversifiquem suas técnicas de ensino, acomodando diferentes estilos de aprendizagem.

(GARDNER, 1993) propõe que a inclusão de mídias visuais e auditivas pode beneficiar alunos com diferentes preferências de aprendizagem, como aqueles que aprendem melhor por meio de estímulos visuais ou auditivos. Em busca da aprendizagem significativa este recurso é o que nos auxilia de forma bastante dinâmica e apresenta uma diversificada forma de fazer vídeos, pode auxiliar nos conceitos mais abstratos através de experiências ou até uma forma de falar diferente da utilizada em sala. Utilizando-se das matérias de itinerários formativos a inserção de física moderna de forma organizada pode ser uma realidade e trazendo fatos concretos.

2 Introdução à física moderna

A física moderna é uma área da ciência que abrange as teorias e conceitos desenvolvidos a partir do final do século XIX e início do século XX, marcando uma ruptura significativa com os princípios da física clássica. Enquanto a física clássica, fundamentada nos trabalhos de Isaac Newton, James Clerk Maxwell e outros, descreve fenômenos macroscópicos e cotidianos com grande precisão, ela se mostrou insuficiente para explicar fenômenos em escalas muito pequenas (como o comportamento de átomos e partículas subatômicas) ou em velocidades próximas à da luz. A física moderna surge, portanto, como uma extensão e reformulação dos princípios físicos tradicionais, incorporando novas ideias revolucionárias, como a quantização da energia, a dualidade onda-partícula e a relatividade do espaço-tempo.

A física moderna pode ser definida como o estudo dos fenômenos que não podem ser adequadamente descritos pelas leis da mecânica newtoniana ou pelo eletromagnetismo clássico. A física moderna tem seus fundamentos em duas grandes áreas: a mecânica quântica, que trata do comportamento de partículas em escalas atômicas e subatômicas, e a teoria da relatividade, que lida com objetos em altas velocidades ou em campos gravitacionais intensos. Essas duas áreas, embora distintas em seus objetivos e métodos, são complementares e formam a base teórica para a compreensão do universo em suas escalas mais extremas. Um marco fundamental na definição da física moderna foi a introdução da hipótese quântica por Max Planck em 1900, que propôs que a energia é emitida ou absorvida em "pacotes" discretos chamados quanta. Esse conceito revolucionário desafiou a visão contínua da energia predominante na física clássica e abriu caminho para o desenvolvimento da mecânica quântica (PLANCK, 1900). Posteriormente, Albert Einstein expandiu essa ideia ao explicar o efeito fotoelétrico, demonstrando que a luz também possui propriedades corpusculares, além de seu caráter ondulatório (EINSTEIN, 1905).

As principais diferenças entre a física clássica e a física moderna residem nas limitações da primeira ao lidar com fenômenos em escalas extremas. Por exemplo:

- Na física clássica, a energia é tratada como uma quantidade contínua, enquanto na física moderna ela é quantizada;
- O espaço e o tempo são considerados absolutos na física clássica, mas na relatividade eles são relativos e interdependentes;
- A dualidade onda-partícula, um conceito central da mecânica quântica, não tem equivalente na física clássica.

Essas diferenças foram discutidas em detalhes por cientistas como Niels Bohr e Werner Heisenberg, que contribuíram para o desenvolvimento da interpretação de Copenhague da mecânica quântica. Segundo essa interpretação, o comportamento das partículas

subatômicas só pode ser descrito probabilisticamente, desafiando a noção determinista da física clássica (BOHR, 1928; HEISENBERG, 1927).

A física moderna não apenas transformou nossa compreensão do universo, mas também impulsionou avanços tecnológicos sem precedentes. A invenção do transistor, baseada nos princípios da mecânica quântica, revolucionou a eletrônica e possibilitou o desenvolvimento de computadores, smartphones e outras tecnologias digitais (BARDEEN; BRATTAIN; SHOCKLEY, 1947). Da mesma forma, a teoria da relatividade de Einstein permitiu avanços na astronomia, como a previsão e observação de buracos negros e lentes gravitacionais (EINSTEIN, 1915). Além disso, a física moderna influenciou profundamente outras áreas do conhecimento, incluindo a filosofia e a epistemologia. A indeterminação quântica e a relatividade do espaço-tempo levantaram questões fundamentais sobre a natureza da realidade, o papel do observador e os limites do conhecimento científico (KUHN, 1962).

2.1 A Crise da física do Século XX

No contexto histórico, o início do século XX marcou uma época de profundas mudanças no entendimento da física com estudos que definiram o surgimento da física moderna. Esse período ficou conhecido como a crise da física clássica, uma vez que experiências mostravam resultados divergentes da física conhecida e novas considerações surgiam a partir de novos estudos. Estas descobertas experimentais trouxeram uma série de avanços no entendimento da nossa realidade, um novo arcabouço que chamamos hoje de física moderna (HAWKING, 1988). Nesta conjuntura, vamos descrever cronologicamente os principais estudos que deram início da construção da física moderna, revisitando experimentos e conclusões que as seguiram, bem como os avanços que acompanharam estes estudos.

No ano de 1900, Max Planck mostrou resultados experimentais que não podiam ser explicados pelas equações de Maxwell ou física estatística. Para explicar os resultados experimentais, ele teve de admitir que a frequência da onda eletromagnética era quantizada (PLANCK, 1901). Einstein descobriu o efeito fotoelétrico em 1905 e usou o conceito de quanta de energia para um fóton, a fim de explicar o fenômeno recém descoberto. Em 1911, Rutherford mostrou que um átomo consiste em um núcleo pesado e muito pequeno, carregado positivamente e cercado por pequenos elétrons leves. No entanto, havia um problema com esta teoria sob a visão da física clássica. Um elétron orbitando em torno do núcleo, segundo as equações de Maxwell, deveria irradiar energia e assim, espiralar para dentro do núcleo. Para sanar este problema, Bohr propôs um modelo semi clássico. No modelo de Bohr o momento angular era quantizado na forma: $L = n\hbar$. Os elétrons se

movimentavam em órbitas e só havia irradiação se o elétron mudasse de órbita. Em 1922 veio o conceito da dualidade onda-partícula com Louis De Broglie. Neste contexto, as partículas podem se comportar como onda e às vezes ondas se comportam como partículas. A observação dos efeitos ondulatórios estariam ligados ao comprimento de onda de De Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{mv}, \quad (2.1)$$

onde λ é o comprimento de onda, h é a constante de Planck, m é a massa da partícula e v a velocidade da partícula.

Em 1926, o físico Erwin Schrödinger, formulou a equação que leva seu nome e retrata a dinâmica de estados quânticos. As equações de onda e o princípio da incerteza de Heisenberg são peças importantes na física quântica (SHANKAR, 1994). O princípio da incerteza de Heisenberg revelou um limite fundamental em relação a capacidade de medir simultaneamente certas propriedades de partículas subatômicas (FEYNMAN, 1995). As teorias de Bohr e Schrödinger foram passos importantes no desenvolvimento e entendimento da mecânica quântica (KRANE, 1983). Em particular, a equação de onda de Schrödinger forneceu uma descrição matemática detalhada dos estados quânticos e dinâmica destes sistemas (SCHRÖDINGER, 1926). O experimento do gato de Schrödinger ilustra as estranhas consequências da superposição quânticas, onde a medida do sistema ou simplesmente abrir a caixa, pode interferir no sistema (SCHRÖDINGER, 1935). Nesse capítulo, exploraremos estes conceitos, traçando a evolução da física, com o surgimento das bases da física moderna.

No contexto de novas descobertas que corroboraram para a física moderna, Einstein publicou em 1905 a teoria da relatividade restrita, que transformou a nossa compressão de espaço e de tempo. Essa teoria foi posteriormente expandida para a relatividade geral, que explicava a gravidade como a curvatura do espaço - tempo (WELNBERG; MARCH, 1978). Um dos fenômenos mais interessantes previstos pela relatividade geral são as ondas gravitacionais recentemente observadas diretamente, que confirmam a teoria de Einstein (HAWKING S., 2010). Outra previsão são os buracos negros, objetos cujos campos gravitacionais são tão fortes que nem mesmo a luz consegue escapar (FRÈ, 2002).

Nas seções seguintes, abordaremos com maiores detalhes alguns aspectos da física moderna. Os livros textos e artigos citados e usados para nortear a escrita deste capítulo aparecem nas referências e são indicações para quem desejar aprofundar-se no tema.

O século XX foi uma época de grandes transformações na física, marcadas por descobertas que desafiaram e redefiniram os pontos fundamentais do conhecimento científico. A crise da física, como ficou conhecido esse período, reflete o confronto entre as teorias clássicas, já consolidadas, com as novas evidências experimentais que acabavam de ser analisadas e que demandavam explicações radicalmente diferentes. Exploramos a seguir

alguns dos principais eventos que surgiram nesse contexto e que representam a consolidação da física moderna, destacando as teorias novas e que foram revolucionárias no campo da relatividade e da mecânica quântica.

No final do século XIX, a física clássica parecia estar no seu estágio bem avançado e próximo à conclusão, as leis do movimento de Newton eram bases fundamentais, enquanto a teoria eletromagnética encabeçada por Maxwell unificava as forças elétricas e magnéticas com uma descrição bem definida e aceita pela comunidade. No entanto, com o avanço da tecnologia novos elementos permitiram experimentos com uma precisão mais elevada, e com isso surgiram anomalias que desafiavam as teorias que já estavam consolidadas. Nesse período, alguns estudos foram cruciais para a construção de novos conhecimentos e abordaremos os principais deles nas seções seguintes.

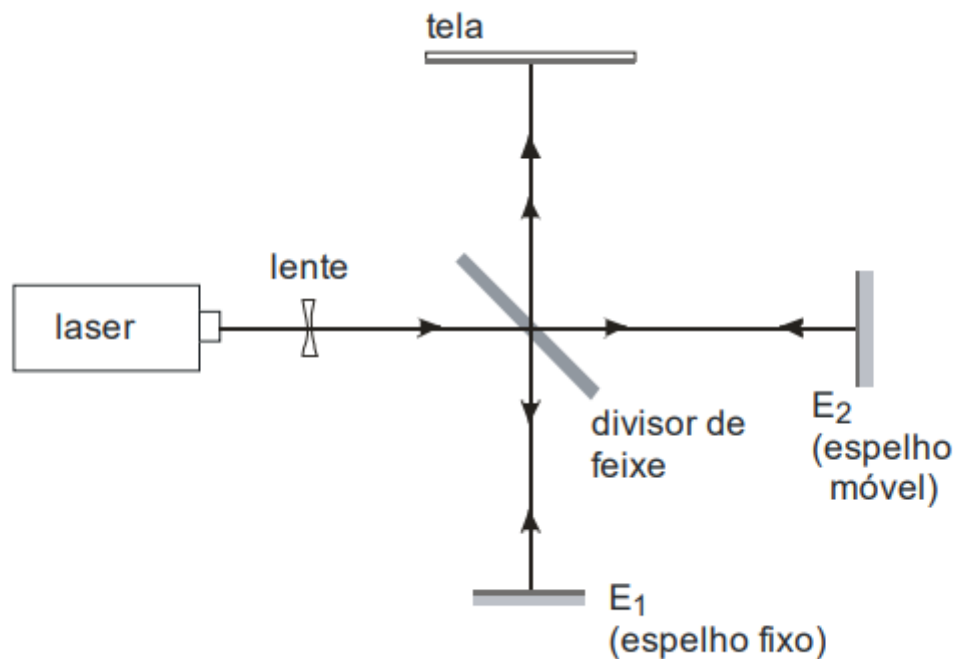
2.2 Experiência de Michelson-Morley

A experiência de Michelson-Morley, foi realizada em 1887 e foi projetada para detectar o éter, que consistia em um meio através do qual se acreditava que a luz podia se propagar. Tal experiência falhou em detectar qualquer movimento relativo da Terra em relação ao éter. Esse resultado não era esperado, contrariando as expectativas das teorias dominantes na época, fato que mostrava a necessidade de uma teoria que pudesse explicar a discrepância observada. Anos depois, Einstein iria postular que a velocidade da luz seria constante para todos os observadores, independentemente do movimento relativo entre a fonte de luz emissora e o observador (MICHELSON A. A.; MORLEY, 1887)

Um interferômetro óptico é um dispositivo usado para observar franjas de interferência entre feixes de luz. Em um interferômetro um feixe de luz proveniente de uma fonte é dividido em dois, após isso, finalmente combinamos esse feixe novamente para que espacialmente eles possam interferirem entre si. Tal análise pode ser observada em um anteparo ou também através de uma câmera (MACIEL 2021). No interferômetro, um feixe pode ser dividido em dois utilizando um semi-espelho. Este elemento reflete a luz parcialmente, transmitindo o que não foi refletido. O semi-espelho também chamado de separador ou divisor, pode ser projetado para permitir que 50% da luz seja refletida e os outros 50%, transmitida.

Na Figura 1 podemos ver um diagrama que mostra o esquema de um interferômetro de Michelson. Nele, o feixe proveniente de um laser, passar por uma lente, em seguida incide em um divisor de feixes que divide a luz em dois outros feixes. Um deles é refletido em direção ao espelho E_1 e o outro é direcionado ao espelho E_2 . Os espelhos E_1 e E_2 por fim refletem os feixes de volta ao divisor e assim, eles se superpõem na tela, produzindo assim franjas circulares de interferência (CATELLI FRANCISCO; VICENZI, 2004). Na tela, é observado um padrão de franjas de interferência com tons escuros e claros como

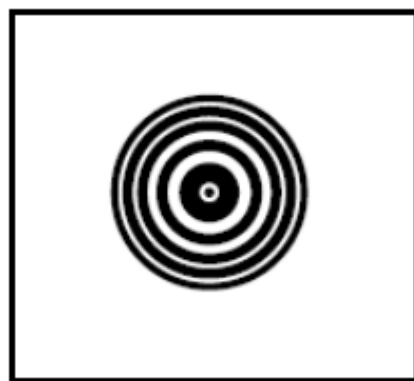
Figura 1 – Representação do interferômetro de Michelson e seus principais componentes.



Fonte: Google Imagens. A imagem mostra o esquema usado no experimento de Michelson-Morley

o visto na figura 2. Se houvesse alguma direção privilegiada o padrão de interferência seria diferente quando o sistema fosse rotacionado. No entanto, o padrão de interferência era o mesmo, não importando a direção na qual o sistema era montado.

Figura 2 – Padrão de Franjas de Interferência.



Fonte: Google Imagens

Na figura 2 podemos visualizar o padrão de franjas de interferências que são projetados na tela do interferômetro. Se movermos o espelho E_2 com a ajuda de um micrômetro será possível alterar a distância em que um dos feixes irá percorrer. Como o feixe de luz vai passar por duas vezes o caminho entre o divisor de feixe e o espelho E_2 , ao mover a distância de $\lambda/4$ na direção em que se encontra o divisor, isso vai alterar o

caminho ótico de $\lambda/2$. Com isso o padrão de franjas interferência que antes eram ocupadas por um valor máximo de interferência, agora passam a ser franjas escuras e vice-versa. Ao mover o E_2 novamente a distância $\lambda/4$, obtemos novamente o padrão idêntico ao inicial (CATELLI FRANCISCO; VICENZI, 2004). Portanto, movendo E_2 de maneira constante a uma distância d , obtemos o padrão idêntico ao original sempre que:

$$2d = m\lambda, \quad (2.2)$$

onde o λ é o comprimento de onda luz no ar, e $m = 1, 2, 3, \dots$

Desse modo, ao medirmos d , podemos determinar qual é o comprimento de onda e caso esse comprimento seja conhecido, podemos utilizar o interferômetro para medir o deslocamento do espelho.

O experimento de Michelson-Morley foi projetado para detectar o éter luminífero, uma substância hipotética que supostamente preenchia o espaço e servia como meio de propagação da luz. De acordo com a física clássica, a velocidade da luz deveria variar dependendo da direção do movimento relativo ao éter. No entanto, os resultados do experimento mostraram que a velocidade da luz era constante em todas as direções, independentemente do movimento da Terra. A falha em detectar o éter foi um golpe para a física clássica e forneceu uma base experimental crucial para a formulação da relatividade restrita por Einstein. O experimento de Michelson-Morley é frequentemente citado como um dos experimentos mais importantes da história da ciência (MICHELSON A. A.; MORLEY, 1887).

2.3 A Catástrofe do Ultravioleta

A catástrofe do Ultravioleta trata-se de um problema histórico da física que despontou no final do século XIX. Ele se refere a incompatibilidade entre as previsões da física clássica para a radiação do corpo negro e os resultados experimentais observados. Esse problema teve um papel de extrema importância no desenvolvimento da mecânica quântica e iremos tratar nos próximos parágrafos.

Um corpo independente de sua temperatura emite radiações eletromagnéticas. Essas radiações muitas vezes são denominadas radiações térmicas por estarem relacionadas com sua temperatura. Ao aumentar a temperatura de um corpo ele começa a emitir luz visível, inicialmente a luz vermelha, seguindo pela emissão da luz amarela, verde e azul. Quando está sujeito a altas temperaturas, esse corpo emite a luz branca e pode chegar até a luz ultravioleta que se caracteriza como o espectro eletromagnético. Denomina-se corpo negro um modelo de corpo caracterizado por absorver toda e qualquer radiação que nele incide, isto é, sua absorção definida por a , seria máxima igual a um ($a = 1$), e sua

capacidade de refletir a luz, seria nula ($r = 0$). Por essa razão, ao não refletir nada, ele é chamado de corpo negro. Nesse sentido o corpo negro não possui cor para a reflexão, no entanto, pode ter cor para a emissão (RIBEIRO, 2014).

Os físicos da época tentaram explicar esse espectro do corpo negro usando as leis da física clássica. Lord Rayleigh e James Jeans desenvolveram uma expressão matemática baseada na física clássica que descrevia a densidade espectral de energia emitida por um determinado corpo negro em função da frequência de radiação. Essa lei ficou conhecida como a lei de Rayleigh-Jeans e tinha fundamentação baseada na equipartição da energia e previa que a densidade dessa energia aumentaria indefinidamente de acordo com sua frequência. Como resultado, teríamos uma emissão de energia infinita e que tinha limites de altas frequências. Essa previsão não estava de acordo com os estudos experimentais (RIBEIRO, 2014). O principal motivo da discrepância é que a Lei de Rayleigh-Jeans levava em conta somente aspectos clássicos:

$$u(\lambda) = 8\pi kT^{-4}, \quad (2.3)$$

onde $u(\lambda)$ representa a distribuição da densidade de energia, k é a constante de Plank, T é temperatura e λ é o comprimento de onda da radiação. Para a análise do corpo negro, Max Planck propôs uma solução para esse problema no início do século XX. Planck sugeriu que a energia dos osciladores que emitem radiação não podia sofrer uma variação de forma contínua, para ele essa variação era em quantidades discretas ou como ele chamou: em “quanta” de energia. Isso para Planck, significava dizer que a energia era quantizada e definida por $E = hf$, onde o h é definido como a constante de Planck e f é a frequência da radiação (CAVALCANTE MARISA ALMEIDA; HAAG, 2005).

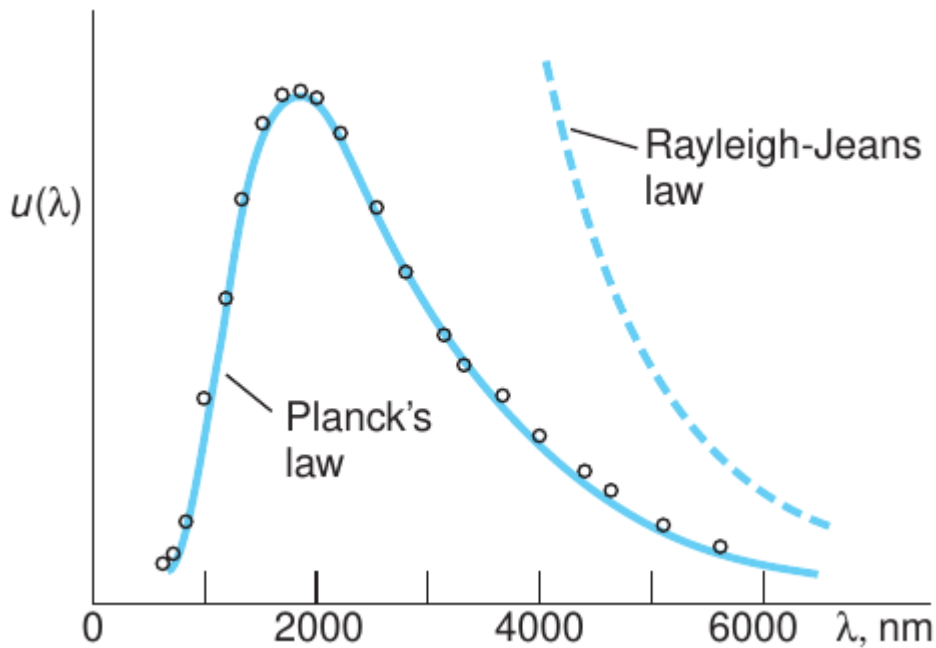
A expressão matemática definida por Planck para a radiação do corpo negro é dada por:

$$u(\lambda) = \frac{8\pi hc\lambda^{-5}}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \quad (2.4)$$

Para grandes comprimentos de onda, o denominador se torna $e^{hc/\lambda kT} - 1 \approx \frac{hc}{\lambda kT}$, retornando para a Lei de Rayleigh-Jeans, conforme sugere o gráfico na figura 3. Na figura, podemos ainda identificar os dados pontilhados representando os resultados experimentais que são perfeitamente compatíveis com a expressão matemática postulada por Planck, visto na curva contínua azul. A curva tracejada azul, mostra o resultado clássico com da lei de Rayleigh-Jeans. No modelo puramente clássico, para pequenos comprimentos de onda a curva cresce indefinidamente. No entanto, isso não é compatível com os resultados experimentais.

Um dos primeiros sinais de que a física clássica estava incompleta veio do estudo da radiação emitida por corpos negros. De acordo com a teoria clássica, a intensidade

Figura 3 – Comparação da Lei de Rayleigh-Jeans, Lei de Planck e dados experimentais - Temperatura de 1600K.



Fonte: Tipler - física moderna (TIPLER; LLEWELLYN, 2012)

da radiação emitida por um corpo negro deveria aumentar indefinidamente à medida que a frequência da luz aumentava, resultando na chamada "catástrofe do ultravioleta". Esse resultado foi identificado como uma falha fundamental da física clássica, incapaz de explicar o comportamento observado experimentalmente.

A solução para esse problema veio com Max Planck, que propôs, em 1900, que a energia emitida ou absorvida por um corpo negro ocorre em quantidades discretas, ou "pacotes", que ele chamou de quanta. Essa hipótese revolucionária introduziu a ideia de que a energia não é contínua, mas sim quantizada, e lançou as bases para a mecânica quântica (PLANCK, 1900). A fórmula de Planck para a distribuição espectral da radiação do corpo negro foi confirmada experimentalmente e marcou o início da física quântica.

Os estudos de Planck foram capazes de reproduzir todos os dados experimentais analisados com precisão, resolvendo assim a catástrofe do ultravioleta. A explicação de Planck foi o marco inicial da teoria quântica, uma das grandes revoluções da história da física (CAVALCANTE MARISA ALMEIDA; HAAG, 2005). A chamada quantização da energia foi um conceito fundamental e levou a inúmeros avanços no desenvolvimento da mecânica quântica e do entendimento de fenômenos microscópicos.

2.4 Relatividade

A relatividade restrita foi introduzida por Einstein em 1905 como uma reformulação radical das leis da mecânica e do eletromagnetismo. Ela se baseia em dois postulados fundamentais:

1. As leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais;
2. A velocidade da luz no vácuo c é constante e independente do movimento da fonte ou do observador.

Esses postulados levaram a conclusões surpreendentes que desafiavam a intuição clássica. Por exemplo, o tempo não é absoluto, mas relativo ao observador (dilatação do tempo), e o comprimento de um objeto pode variar dependendo de sua velocidade relativa ao observador (contração do comprimento). Além disso, Einstein derivou a famosa equação $E = mc^2$, que estabelece a equivalência entre massa e energia (EINSTEIN, 1905). A relatividade restrita também introduziu o conceito de espaço-tempo unificado, onde o tempo é tratado como uma quarta dimensão junto com as três dimensões espaciais. Essa ideia foi posteriormente formalizada matematicamente por Hermann Minkowski, que descreveu o espaço-tempo como uma estrutura quadridimensional (MINKOWSKI, 1908).

Importante destacar algumas das implicações referente a relatividade restrita. A física clássica usava as transformações mencionadas por Galileu, que tinha como base que as medições de tempo e de espaço eram absolutas. Porém com a análise experimental incluindo experimentos como o de Michelson-Morley foi possível mostrar que a velocidade da luz era constante independente do movimento do observador, algo que até então não podia ser explicado pela física clássica (SALES, 2020).

Considerando os postulados da relatividade, são frequentemente usadas as transformações de Lorentz para expressar alterações no tempo e espaço. As Transformações de Lorentz são um conjunto de equações fundamentais na teoria da relatividade restrita de Albert Einstein, que permitem relações entre variáveis como distância e tempo e seus respectivos referenciais. Essas transformações descrevem como as coordenadas de tempo e espaço de um determinado evento podem mudar de um referencial inercial para outro quando esses referenciais são movidos com velocidades constantes e relativas a si. Essas transformações são ponto principal para explicar como o espaço e o tempo se ajustam para garantir que a velocidade da luz possa permanecer constantes em todo e qualquer referencial inercial, ideia essa que foi revolucionária e de suma importância para o desenvolvimento da relatividade restrita (ROCHA A. N.; RIZZUTI, 2014).

Visando a compreensão mais objetiva das transformadas de Lorentz, vamos analisar primeiro as transformadas de Galileu. Podemos considerar dois referenciais S (com

coordenadas x, y, z e t) e S' (com coordenadas x', y', z' e t'). O referencial S' está se movendo com uma velocidade v em relação ao referencial S . Se esta velocidade v for no eixo x , podemos escrever as equações para as coordenadas de S' como:

$$x' = x - vt \quad (2.5)$$

Todas as outras coordenadas não são alteradas: $y' = y, z' = z$ e $t' = t$.

No entanto, essas transformações precisam de uma correção em relação a Relatividade. Se a luz se movimenta com velocidade c no referencial S , implica que sua velocidade em S' é $u'_x = c - v$ e não $u'_x = c$, segundo a transformada de Galileu.

As Transformações de Lorentz podem ser expressas pelas seguintes equações:

$$x' = \gamma(x - vt) \quad (2.6)$$

$$t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right) \quad (2.7)$$

Nestas expressões o fator γ de transformação é dado por:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (2.8)$$

As Transformações de Lorentz têm extrema importância para a relatividade restrita e também para a física moderna. Essas expressões não apenas resolveram problemas da física clássica em relação a velocidade da luz, bem como forneceram embaçamentos mais detalhados e precisos para a compreensão do espaço e do tempo (PECCINI, 2015).

Segundo as expressões da transformada de Lorentz, os efeitos relativísticos surgem quando estamos diante de fenômenos que envolvem velocidades que são frações da velocidade da luz. Para valores de velocidades do cotidiano, por exemplo, o fator que aparece nas transformações $\frac{v^2}{c^2}$, tende a zero e o fator γ , tende a um. Nestes termos, teremos novamente as transformadas de Galileu e os efeitos relativísticos não são observados.

O artigo "Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento", publicado por Albert Einstein em 1905, é um marco na física moderna, introduzindo a Teoria da Relatividade Restrita. No final do século 19, a física clássica baseada nas leis de Newton dominava o entendimento científico do movimento e das forças. No entanto, problemas começaram a surgir, especialmente em relação à propagação da luz e à teoria eletromagnética de Maxwell. Experimentos, como o de Michelson-Morley (1887), falharam em detectar o éter luminífero, uma suposta substância através da qual a luz deveria viajar, desafiando a mecânica clássica.

“Em 1905, Albert Einstein foi o primeiro a perceber que os físicos deveriam abandonar o conceito enganador e infrutífero do éter. Ele aceitou a hipótese de que a luz se propaga através do vácuo, que é realmente vazio. Sem um referencial do éter, o único sistema de referência relevante é aquele onde as leis dos fenômenos eletromagnéticos, assim como as leis da mecânica, são as mesmas em todos os sistemas de referência inerciais, apesar desses sistemas se moverem uns em relação aos outros. Consequentemente, todos os referenciais inerciais são completamente equivalentes para todos os fenômenos.” (Eisenber e Resnick)

A relatividade restrita apresentada em 1905, apresenta como postulado que as leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais. Não existe um referencial absoluto, e todos os referenciais inerciais são equivalentes para a formulação das leis da natureza. A velocidade da luz no vácuo é constante e independente do movimento da fonte ou do observador. Isto contrasta com a mecânica clássica, onde a velocidade da luz deveria depender do movimento do observador. (EINSTEIN, 1905) Através das transformadas de Lorentz, apresentadas anteriormente, e da análise cuidadosa dos postulados de Einstein, podemos destacar consequências fundamentais:

Dilatação do Tempo: O tempo não é absoluto. Dois eventos que são simultâneos em um referencial podem não ser simultâneos em outro referencial que se move em relação ao primeiro. Um relógio em movimento em relação a um observador parecerá marcar o tempo mais lentamente do que um relógio em repouso;

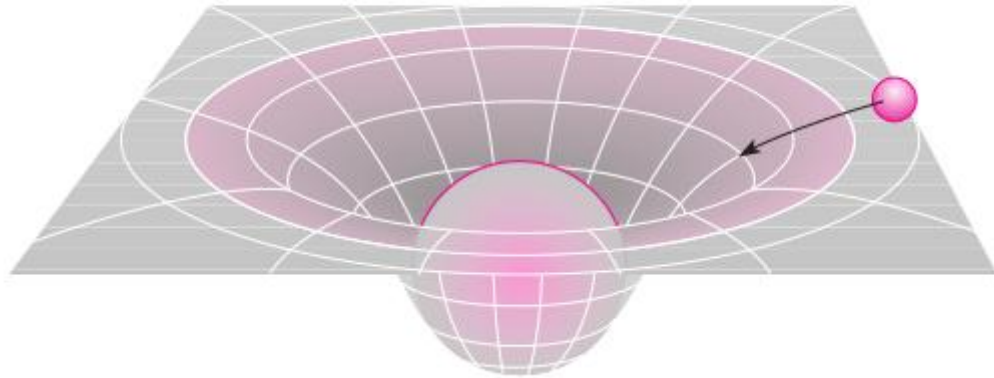
Contração do Espaço: Objetos em movimento sofrem contração na direção do movimento. A distância entre dois pontos em um objeto em movimento parece menor para um observador em repouso do que para um observador que se move com o objeto;

Equivalência Massa-Energia: A massa de um corpo é uma medida de seu conteúdo de energia, expressa pela equação $E = mc^2$. Essa relação implica que a energia pode ser convertida em massa e vice-versa, tendo profundas implicações na física nuclear e na tecnologia. A equivalência massa-energia, já apresentada anteriormente nas equações, é representada por uma das expressões mais conhecidas da física, demonstrando que energia e massa são conceitos interligados. Este conceito por exemplo, está ligado ao fato de que uma pequena quantidade de massa, pode gerar altos valores de energia.

Após a publicação da relatividade restrita, que apresenta como resultados principais desses postulados, vimos a contração do espaço, a dilatação do tempo e a expressão da equivalência entre massa e energia. Tudo isso é válido em sistemas inerciais, ou seja, que não sofrem aceleração. Por esta limitação, a teoria ficou conhecida como Relatividade Restrita. Em 1915, Einstein publicou uma teoria da gravitação que substituiu a teoria da gravitação de Newton. Ela descreve a gravidade como a curvatura do espaço-tempo causada pela massa e energia.

Sua teoria possui um conjunto de equações (as equações do campo gravitacional) que estabelecem a conexão entre o conteúdo de matéria do universo e sua geometria espacial e temporal. A matéria do universo (e sua distribuição) determina a geometria do espaço-tempo. Essa teoria, mais geral, é conhecida como relatividade restrita.

Figura 4 – Deformação do tecido espaço tempo



A relatividade geral tem fortes consequências, podemos destacar:

a) Precessão do Periélio de Mercúrio

A órbita de Mercúrio ao redor do Sol apresenta uma precessão anômala que não podia ser explicada completamente pela gravitação newtoniana. A Relatividade Geral corrige essa precessão ao considerar os efeitos da curvatura do espaço-tempo próximo ao Sol. Observações confirmaram a previsão relativística com alta precisão.

b) Deflexão da Luz por Campos Gravitacionais

A relatividade geral prevê que a luz, ao passar próximo a um objeto massivo, como o Sol, será desviada devido à curvatura do espaço-tempo. Este efeito foi confirmado em 1919 durante um eclipse solar, quando foi observado a posição aparente de estrelas próximas ao Sol deslocada em relação à sua posição esperada.

c) Buracos Negros

A teoria prevê a existência de buracos negros, objetos com campos gravitacionais tão intensos que nem mesmo a luz pode escapar. A solução de Schwarzschild para as equações de campo de Einstein descreve um buraco negro não rotativo, e a solução de Kerr descreve buracos negros rotativos. Observações de movimentos de estrelas e emissões de raios-X em torno de buracos negros confirmam estas previsões.

d) Ondas Gravitacionais

A Relatividade Geral prevê a existência de ondas gravitacionais, ondulações no

Figura 5 – Deflexão causada pela deformação do espaço-tempo

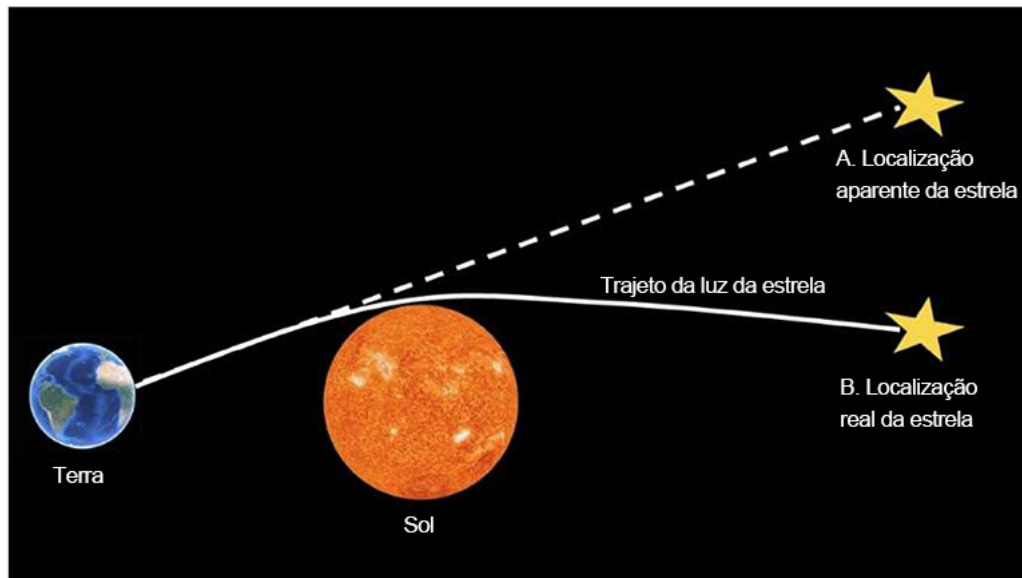
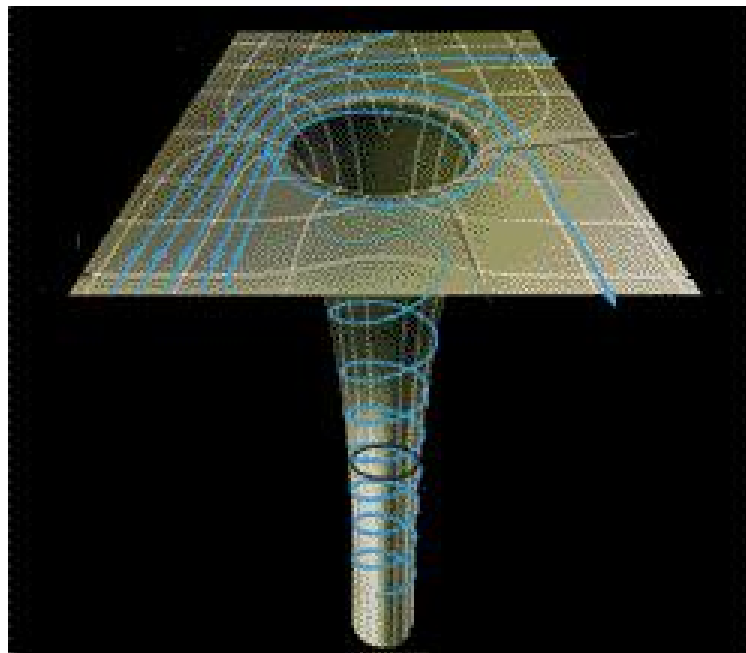


Figura 6 – Representação do buraco negro

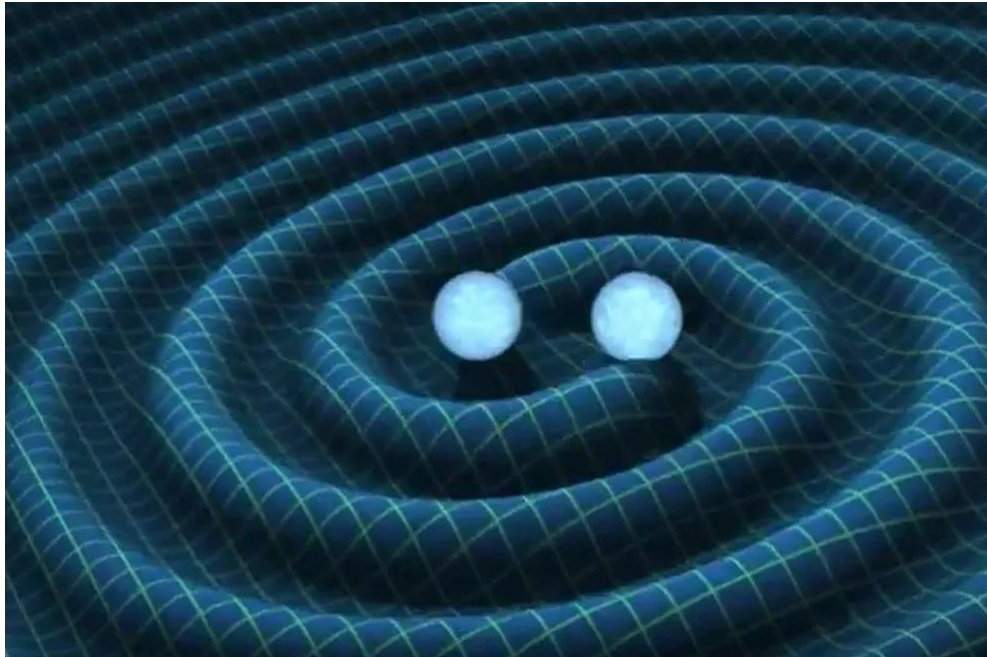


tecido do espaço-tempo que se propagam à velocidade da luz, geradas por eventos cósmicos violentos, como a fusão de buracos negros. Em 2016, o observatório LIGO detectou diretamente ondas gravitacionais, confirmando uma previsão de Einstein de um século antes (COLLABORATION; COLLABORATION), 2016).

2.5 Mecânica Quântica

Com a natureza onda partícula da luz, evidenciado pelas experiências de interferência e difração, que são propriedades de uma onda, enquanto a absorção e emissão

Figura 7 – Demonstração da formação de ondas no tecido espaço-tempo.



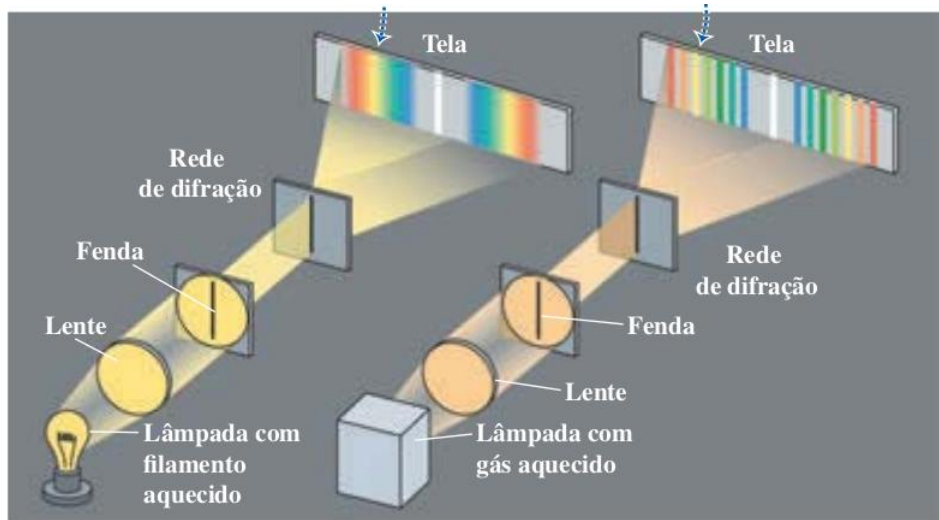
de fótons são propriedades das partículas. Em 1924, o francês, Louis De Broglie sugeriu em sua tese de doutorado que os elétrons também possuíam natureza dual De Broglie postulou que uma partícula livre com massa de repouso m , deslocando-se com velocidade não relativística v , deve ter um comprimento de onda λ associado a seu momento linear $p = mv$ do mesmo modo que um fóton. Alguns anos depois, através de experiências, a teoria de De Broglie foi confirmada.

Historicamente, a busca pela compreensão da natureza do átomo esteve intimamente ligada tanto à ideia de que os elétrons possuem características ondulatórias quanto à noção de que a luz apresenta propriedades corpusculares. Materiais aquecidos emitem luz, e diferentes materiais emitem diferentes tipos de radiação luminosa. Para analisar essas variações, pode-se utilizar um prisma ou uma rede de difração, que permitem separar os diferentes comprimentos de onda de um feixe de luz, formando um espectro.

Se a fonte de luz for um sólido ou um líquido aquecido, o espectro resultante será contínuo. No entanto, caso a fonte seja um gás aquecido, o espectro será composto apenas por algumas cores, manifestando-se como linhas paralelas nítidas e isoladas. Essas linhas espectrais, como ilustrado na figura, são características de cada elemento químico e desempenham um papel fundamental na identificação de substâncias.

No início do século XIX, descobriu-se que todo elemento, em seu estado gasoso, possui um conjunto exclusivo de comprimentos de onda em sua linha espectral. Cada elemento apresenta um espectro distinto, único em relação aos demais. Para compreender essas linhas espectrais, torna-se essencial aprofundar o conhecimento sobre a estrutura

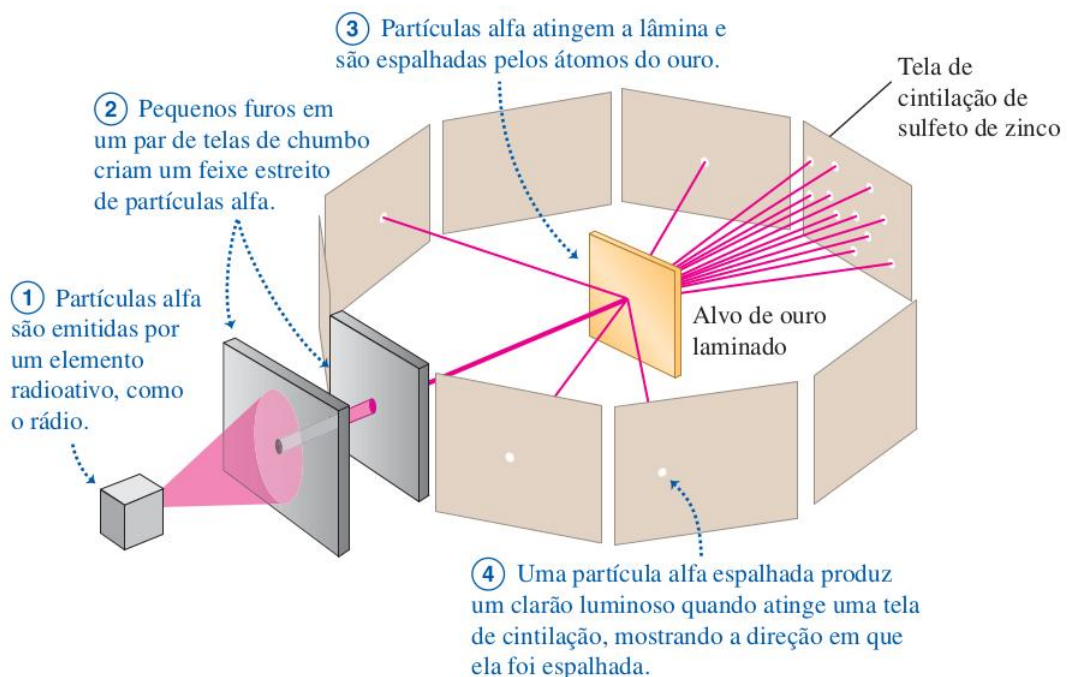
Figura 8 – Linhas espectrais de materiais sólidos, líquidos e gasosos



atômica.

Em 1910, o modelo mais aceito da estrutura do átomo era o desenvolvido por J. J. Thomson. Ele idealizou o átomo como uma esfera composta por uma substância positivamente carregada, ainda não identificada, na qual os elétrons estariam embutidos, semelhante a uvas-passas em um bolo. No entanto, nesse mesmo ano, Ernest Rutherford realizou experimentos nos quais um feixe de partículas carregadas era disparado contra lâminas finas de diversos elementos, permitindo a observação de como essas partículas eram defletidas pela lâmina.

Figura 9 – experimentos de espalhamento de Rutherford



A experiência de Rutherford leva às seguintes conclusões:

1. Existência de um Núcleo Central: A maior parte da massa do átomo e toda a sua carga positiva estão concentradas em uma pequena região central chamada núcleo.
2. Espaço Vazio no Átomo: Os átomos são compostos principalmente de espaço vazio, permitindo que a maioria das partículas alfa passe através da folha de ouro sem sofrer desvio.
3. Carga Positiva Concentrada: A carga positiva não está distribuída uniformemente, como sugerido pelo modelo do pudim de ameixa, mas sim concentrada no núcleo.

O modelo de Rutherford apresentou algumas inconsistências que não eram previstas pelos modelos da época. Ele previa que os elétrons deveriam emitir luz continuamente, tornando o átomo instável, e que a luz emitida deveria ter um espectro contínuo—o que não ocorria. Esse problema chamou a atenção dos cientistas, e, em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr propôs uma nova teoria capaz de explicar essas questões pendentes. Bohr combinou as ideias de Rutherford com a recém-desenvolvida teoria quântica de Planck para formular seu modelo. Os principais aspectos do modelo de Bohr são:

Órbitas Estacionárias

Os elétrons giram ao redor do núcleo em órbitas circulares ou elípticas sem emitir radiação. Essas órbitas são chamadas de estados estacionários ou níveis de energia.

Quantização do Momento Angular

Apenas certas órbitas são permitidas, aquelas para as quais o momento angular do elétron é um múltiplo inteiro de $\hbar$, onde $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, e h é a constante de Planck.

$$L = n\hbar = n2\pi\hbar \quad (2.9)$$

Emissão e Absorção de Energia

Os elétrons podem saltar entre essas órbitas estacionárias emitindo ou absorvendo um fóton. A energia do fóton é igual à diferença de energia entre os níveis inicial e final, dada por:

$$E_f - E_i = h\nu$$

onde E_f e E_i são as energias dos níveis final e inicial, respectivamente, e ν é a frequência da radiação emitida ou absorvida.

O modelo de Bohr explicou com sucesso os espectros de emissão e absorção do hidrogênio. As linhas espectrais observadas resultam de transições entre níveis de energia quantizados. Ao quantizar as órbitas dos elétrons, Bohr explicou por que os elétrons não espiralam para dentro do núcleo, emitindo radiação continuamente, como predito pela física clássica.

No entanto, o modelo proposto ainda não atendia plenamente às expectativas da comunidade científica, pois apresentava algumas inconsistências: funcionava bem apenas para átomos com um único elétron (como o hidrogênio e íons hidrogenoides), não explicava os espectros de átomos com múltiplos elétrons e não incorporava o princípio da incerteza de Heisenberg.

A descoberta de que a matéria possui uma natureza dual, onda-partícula, forçou uma reavaliação da linguagem cinemática usada para descrever a posição e o momento linear de uma partícula. Na mecânica clássica newtoniana, uma partícula era descrita como um ponto, cuja posição e estado de movimento podiam ser determinados por três coordenadas espaciais e três componentes da velocidade. No entanto, como a matéria também possui um aspecto ondulatório, quando examinamos seu comportamento em uma escala suficientemente pequena em relação ao comprimento de onda da partícula de De Broglie, a descrição newtoniana deixa de ser aplicável. Certamente, nenhuma partícula clássica sofreria difração, como ocorre com os elétrons.

O princípio da incerteza de Heisenberg estabelece um limite fundamental para a precisão com que podemos conhecer certos pares de propriedades físicas de uma partícula, como posição e momento. O princípio da incerteza é expresso pela relação:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2} \quad (2.10)$$

O princípio da incerteza implica que não podemos medir simultaneamente a posição e o momento de uma partícula com precisão arbitrária. Além disso, ele introduz a ideia de que a natureza é inerentemente probabilística, contrastando com a certeza determinística da mecânica clássica. Por fim, as órbitas bem definidas do modelo de Bohr não são compatíveis com o princípio da incerteza. Na mecânica quântica, os elétrons são descritos por funções de onda, que fornecem distribuições de probabilidade para suas posições.

2.5.1 Equação de Schrödinger

Partindo dos postulados de De Broglie, que apresenta o elétron como uma onda, e analisando a mecânica clássica, que descreve as funções de onda e seu comportamento no espaço e no tempo, podemos combinar essas abordagens. Utilizando o modelo atômico de Bohr, consideramos esses dois aspectos: retratamos o elétron como uma partícula clássica em uma órbita circular ao redor do núcleo e aplicamos a relação de De Broglie entre o momento da partícula e o comprimento de onda para explicar por que apenas órbitas de certos raios são permitidas.

Em geral, a função de onda de uma partícula depende de todas as três dimensões do espaço. No entanto, para simplificar, iniciaremos nosso estudo dessas funções considerando o movimento unidimensional, no qual uma partícula de massa m se move paralelamente ao eixo x , e a função de onda Ψ depende apenas da coordenada x e do tempo t . Utilizando uma partícula livre, obtemos uma equação de onda:

$$\Psi(x, t) = A \cos(ks - \omega t) + B \sin(kx - \omega t) \quad (2.11)$$

As relações de De Broglie nos mostram que a energia E é proporcional à frequência angular ω , e o momento p é proporcional ao número de onda:

$$E = hf = \frac{h}{2\pi} \times 2\pi f = \hbar\omega$$

$$\hbar = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} \quad (2.12)$$

Ao utilizar a derivada segunda na equação de onda e substituindo os termos de De Broglie

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi(x, t)}{\partial x^2} = i\hbar \frac{\partial \Psi(x, t)}{\partial t} \quad (2.13)$$

Esta é a equação de Schrödinger dependente do tempo em uma dimensão. A melhor interpretação é que a natureza complexa da função de onda para uma partícula livre torna essa função difícil de interpretar. A função $\psi(x, t)$ descreve a distribuição de uma partícula no espaço.

Para uma partícula que pode se mover apenas ao longo do eixo x , a grandeza $|\psi(x, t)|^2$ representa a probabilidade de que a partícula seja encontrada, no tempo t , em uma coordenada entre x e $x + dx$. A partícula tem maior probabilidade de ser encontrada em regiões onde $|\psi(x, t)|^2$ é grande, e menor probabilidade onde essa função é pequena.

Essa interpretação foi elaborada pela primeira vez pelo físico alemão Max Born.

O ato de medir uma propriedade de um sistema quântico provoca o "colapso" da função de onda, fazendo com que o sistema assumira um dos possíveis valores próprios associados ao operador correspondente.

A interpretação de Copenhague, desenvolvida principalmente por Niels Bohr e Werner Heisenberg, é uma das mais aceitas interpretações da mecânica quântica. Seus principais conceitos são:

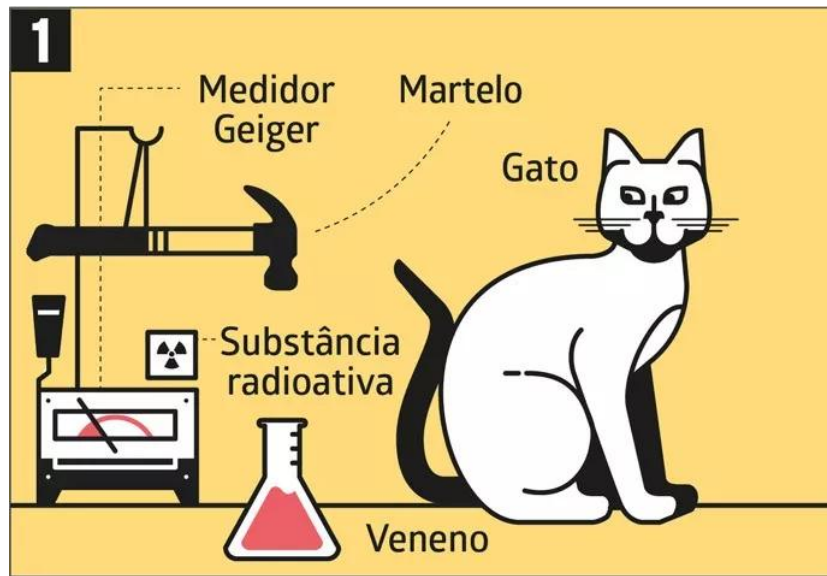
- a) **Função de Onda:** A função de onda Ψ contém todas as informações sobre o sistema quântico. O quadrado do módulo da função de onda $|\Psi|^2$ dá a densidade de probabilidade de encontrar a partícula em uma dada posição.
- b) **Colapso da Função de Onda:** Antes da medição, o sistema está em uma superposição de estados possíveis. A medição faz com que a função de onda colapse para um dos estados possíveis.
- c) **Princípio da Complementaridade:** Propriedades como posição e momento são complementares, não podendo ser medidas simultaneamente com precisão arbitrária.
- d) **Indeterminação:** Reflete o princípio da incerteza de Heisenberg, que estabelece limites para a precisão com que certos pares de propriedades podem ser conhecidas simultaneamente.

Em 1935, Schrödinger propôs uma experiência mental para ilustrar as implicações e paradoxos da mecânica quântica, particularmente a superposição de estados e o problema da medição. A ideia foi concebida como uma crítica à interpretação de Copenhague da mecânica quântica, que era a interpretação dominante na época, promovida por Niels Bohr e Werner Heisenberg.

A experiência consiste em um gato ser colocado dentro de uma caixa de aço hermeticamente fechada. Dentro da caixa, há um dispositivo que consiste em um frasco de veneno, um contador Geiger (detector de radiação), uma pequena quantidade de material radioativo e um martelo. O material radioativo tem uma probabilidade igual de decair ou não decair dentro de uma hora. Se um átomo do material radioativo decair, o contador Geiger detectará a radiação. Ao detectar a radiação, o contador Geiger ativará um mecanismo que faz com que o martelo quebre o frasco de veneno, resultando na morte do gato.

A mecânica quântica fornece uma descrição detalhada e precisa do mundo subatômico, revelando uma realidade complexa e contra-intuitiva que desafia nossas percepções clássicas. Em resumo, a mecânica quântica surgiu no início do século 20 com a descoberta de que a luz e outras formas de radiação eletromagnética exibem comportamento tanto de partículas quanto de ondas. Max Planck (1900) introduziu a ideia de quantização da energia ao resolver o problema da radiação do corpo negro, sugerindo que a energia é emitida ou absorvida em quantidades discretas chamadas "quanta". Partículas subatômicas, como elétrons e fótons, exibem propriedades tanto de partículas quanto de ondas. Niels Bohr (1913) propôs um modelo para o átomo de hidrogênio, onde os elétrons orbitam o núcleo em níveis de energia quantizados. A função de onda é uma descrição matemática do estado quântico de um sistema, onde $|\psi|^2$ representa a densidade de probabilidade de encontrar uma partícula em uma determinada posição. Foi desenvolvida por Niels Bohr

Figura 10 – Representação do Gato de Schrödinger



e Werner Heisenberg, sugerindo que a função de onda fornece uma descrição completa do estado de um sistema quântico e que o colapso da função de onda ocorre durante a medição.

3 Aprendizagem Significativa

Apresentaremos neste capítulo a teoria da aprendizagem que norteia este trabalho. Proposta pelo psicólogo estadunidense David Paul Ausubel, defensor do cognitivismo o qual propõe uma estrutura hierárquica de conceitos e símbolos organizados na mente do aprendiz. A teoria da aprendizagem significativa propõe que essa estrutura, chamada de estrutura cognitiva, tenha uma interação com o novo conhecimento partindo dos conhecimentos já existentes no aluno de forma a criar novos conceitos. CARUSO (1994), diz que uma teoria de ensino tem por base a construção de princípios que possam ser adaptadas tanto a diferentes sujeitos como a diferentes situações.

Junto a TAS o recurso didático utilizado para facilitar o entendimento do conteúdo abordado, utilização de vídeos. Ressaltando que a integração cuidadosa de vídeos ao currículo garante que eles não sejam apenas um complemento, mas uma parte integral do processo de ensino."(MOREIRA, 2013)(Moreira, 2013, p. 128) ou seja quando utilizado como material potencialmente significativo, o recurso torna-se um canal necessário para apresentação do conteúdo. Neste capítulo mostrará os benefícios da utilização deste recurso didático voltado para a Física Moderna.

3.1 Conceitos Fundamentais da Teoria da Aprendizagem Significativa

Em 1979, Ausubel veio ao Brasil e naquela apresentação perguntaram a ele qual a origem de seus estudos, ele descreve que partindo de sua experiência no curso de medicina onde as matérias não seguiam uma ordem de aprendizado, o que dificultava bastante a aprendizagem. Inspirado no estudo do britânico Frederic Charles Bartlett, grande nome da psicologia cognitiva, onde apresentava quatro ideias importantes para o trabalho de Ausubel: “a) ao adquirir um novo conteúdo, as pessoas precisam assimilar esse conteúdo aos conceitos já aprendidos (chamados de esquemas por Bartlett); b) a aprendizagem resultante dessa assimilação não é uma réplica do que foi proposto para ser aprendido; c) novos conteúdos decodificados para serem compatíveis com os esquemas preexistentes acabam sendo envolvidos por informações mais amplas; d) durante o ato de lembrar, um esquema pode ser ativado para criar ou recriar detalhes a ele relacionado.” (NETO, 2006)(PONTES NETO 2006). Em termos gerais, esses quatro pontos destacados são a base da teoria ausubeliana, conhecimento prévio, subsunções, assimilação e outras ideias que compõem a teoria.

A ocorrência da aprendizagem significativa se dá quando considera-se o conhecimento pré-existente na pessoa que irá aprender, segundo Ausubel 1978: “se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso nos seus ensinamentos” (AUSUBEL D. P.; NOVAK, 1978)(Ausubel et.al. 1978), que é chamado de conhecimento prévio, a interação entre o que o aluno já sabe e o novo conhecimento dá origem a aprendizagem significativa, mas nem todo conhecimento que se tem é relevante para aprender determinado conteúdo, considerando apenas os conhecimentos relevantes para o que se quer aprender, a esses conhecimentos são chamados de subsunçores. Os subsunçores são conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno que se relaciona de forma substantiva e não-arbitrária, ocorrendo isso terá um grande passo para aprendizagem. Um forte elemento a ser levado em consideração também é a pré-disposição do aluno a fazer essa interação entre os conceitos subsunçores e o novo conhecimento, caso contrário ocorrerá o que Ausubel define como sendo aprendizagem mecânica. A ocorrência da aprendizagem mecânica se dá, principalmente, por dois motivos: a não existência dos subsunçores, nesse caso a novas informações é armazenada de forma arbitrária, e/ou a não disposição do indivíduo de aprender, querer apenas decorar. (MOREIRA, 1995)(MOREIRA 1995)

A dificuldade no ensino de Física moderna é que geralmente não possui os subsunçores necessários e isso dificulta a ancoragem do conhecimento, tornando uma aprendizagem mecânica. Porém, segundo (MOREIRA, 1995)Moreira 1995, não uma distinção entre os dois conceitos, mas sim uma dicotomia:

“Ele argumenta que entre as aprendizagens existe uma “área cinza” onde acontece a maioria das aprendizagens, é nessa área que se encontra a transição entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, que podem estar articuladas de maneira contínua.” (GOMES, 2020).

A aprendizagem mecânica algumas vezes se faz necessária para posteriormente ter uma aprendizagem significativa, tendo em vista que quando não se tem o primeiro contato com determinados conhecimentos, essas informações são armazenadas de forma arbitrária, desordenadas na estrutura cognitiva, revendo mesmo conteúdo posteriormente, as informações desordenadas podem servir de subsunçores e organizar essas informações gerando uma assimilação efetiva. Quando o aprendiz não apresentar os subsunçores para a ancoragem da nova informação na sua estrutura cognitiva, Ausubel orienta o uso de organizadores prévios(ou avançados), descrito por Moreira 1995:

“O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si.” (MOREIRA, 1995)(MOREIRA 1995).

Essencialmente, os organizadores prévios são estruturas que fornecem uma estrutura conceitual para os alunos antes de eles se envolverem com o material de aprendizagem. Eles podem assumir diferentes formas, como gráficos, mapas conceituais, diagramas ou até mesmo perguntas direcionadas. O objetivo dos organizadores prévios é preparar o terreno cognitivo dos alunos, ativando seus conhecimentos prévios relevantes e fornecendo um contexto para o novo material que está por vir. Isso ajuda os alunos a entenderem melhor e a reterem as informações apresentadas, pois eles podem relacionar o novo conteúdo com o que já sabem, construindo assim uma rede de significado mais sólida em suas mentes. Neste trabalho como organizadores prévios foi utilizado uma série de perguntas em forma de roda de conversa, onde cada aluno poderia falar da forma que entendeu determinados temas, ao mesmo tempo que foi utilizado para determinar o nível de conhecimento prévio dos alunos sobre os temas perguntados.

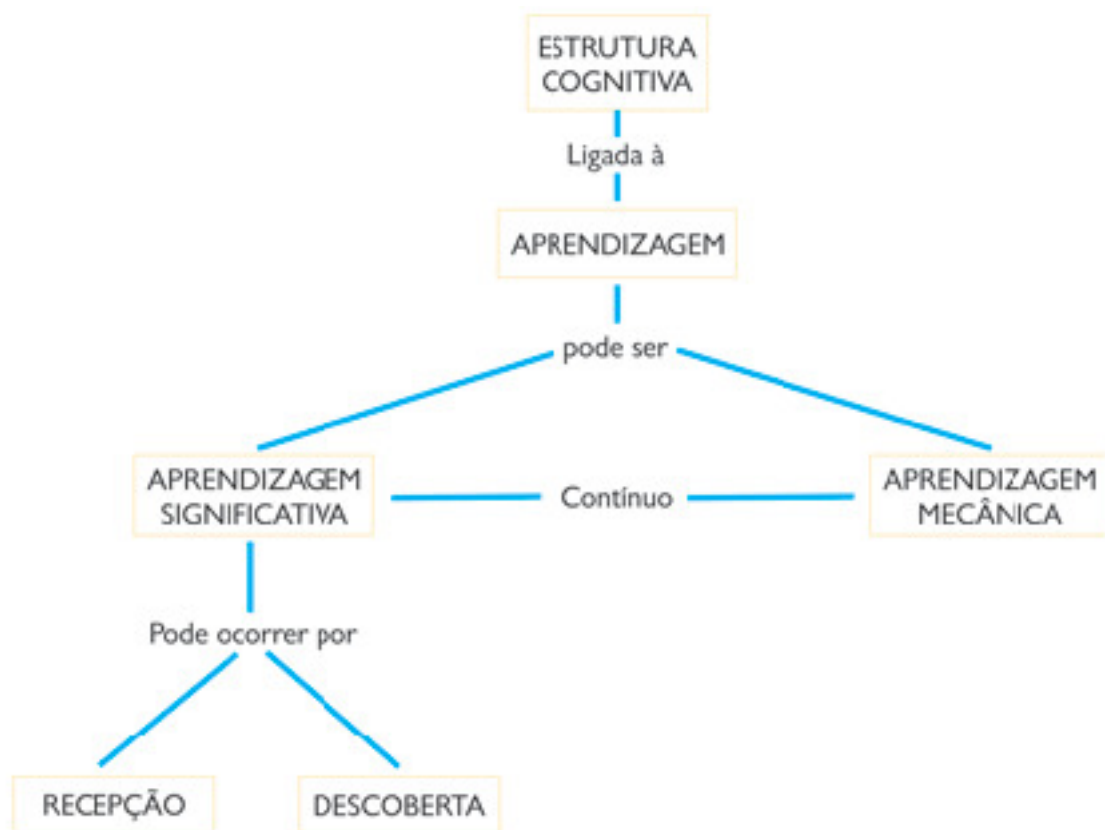
Para uma aprendizagem significativa, um conceito importante a ser ressaltado e muito utilizado neste trabalho, é o de material potencialmente significativo, qualquer conteúdo, informação ou experiência que tenha o potencial de ser assimilado e compreendido de forma significativa pelo aluno. Esse tipo de material é aquele que pode ser relacionado ao conhecimento prévio do aprendiz, tornando-se relevante e significativo para ele. Como material potencialmente significativo foi utilizado vídeos com explicação e demonstração dos conceitos e representações que ajuda na aprendizagem do discente. Na Teoria de aprendizagem significativa um argumento que sustenta a teoria é que o discente tem que ter a inclinação para aprendizagem, na busca de despertar esse interesse será utilizado organizadores prévios e situações que busquem desafiar os alunos, aguçando a curiosidade e assim por material potencialmente útil buscar as conexões com as informações ainda sem ancoragem com os subsunçores, ampliando conceitos e entendimento sobre o mesmo e sua realidade.

O conteúdo de Física tratado neste trabalho será o de Física Moderna, uma introdução dos principais conceitos, já que a vasta amplitude do conteúdo nos leva a selecionar. Nesse contexto organizar os temas de forma sequencial já é uma forma de facilitar a aprendizagem significativa. A sequência será feita da relatividade restrita, passando por biografias e contribuições até as teorias atômicas. Para os assuntos abordados será apresentada uma Para essa sequência didática será utilizada na busca da aprendizagem significativa os dois meios que Ausubel define sendo por recepção ou por descoberta. A aprendizagem por recepção é aquela que se permite ao aluno os conceitos já prontos, acabados, onde a função dele será apenas receber as informações (GOMES ERIKA CUPERTINO ; FRANCO, 2020)(GOMES, FRANCO, ROCHA 2020), sobre essa forma de aprendizagem significativa Ausubel expõe que:

o conteúdo total do que está por aprender apresenta-se ao aprendiz de forma acabada. A tarefa de aprendizagem não envolve qualquer descoberta independente por parte do mesmo. Ao aprendiz apenas se exige que interiorize o material [...] que lhe é apresentado de forma a ficar disponível e reproduzível numa data futura (AUSUBEL, 2003, p. 48).

A aprendizagem por descoberta exige do estudante encontre as relações ‘sozinhos’ buscando a relação entre os conceitos e relações encontrados e incorporação com o conhecimento já existente. Na tentativa de fazer com que os estudantes encontre um sentido, será proposto textos e vídeos animados como materiais potencialmente ativos, mas apenas como auxílio para que se possam chegar as conclusões sozinhos, fazendo uma ligação com o conhecimento prévio de cada um. As conclusões serão moldadas com o intermédio do professor. Dando ao professor a função real de mediador e não de detentor de todo conhecimento. O esquema a seguir mostra como uma pequena forma de como funciona aprendizagem significativa:

Figura 11 – Esquema de ocorrência da aprendizagem significativa



Na figura 11 vemos que a aprendizagem é um processo contínuo que envolve muitas variáveis e assim as informações adquiridas por meio da aprendizagem mecânica pode se tornar significativa a partir do momento que sofre uma reorganização ligando-se a subsunçores e criando uma compreensão maior e tendo uma estrutura cognitiva mais ampla para poder assimilar novos conhecimentos.

3.2 Tipos de Aprendizagem Significativas

Apresentados os conceitos iniciais: subsunçor, organizador prévio, aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, que são conceitos primordiais na teoria ausubeliana. Ausubel distingue três tipos de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e proposicional. Será apresentado cada uma buscando o aprofundamento em seus conceitos:

3.2.1 Aprendizagem representacional

É a forma mais simples e básica de aprendizagem, ocorre a atribuição de significados a símbolos (tipicamente palavras) ligando a seus referentes (objetos, conceitos, imagens). Em outras palavras, quando é feita a ligação entre o significado e o objeto (ou conceitos, imagens...)

3.2.2 Aprendizagem de conceitos

Segundo MOREIRA (1995) Moreira 1995, esse tipo de aprendizagem é de certa forma uma aprendizagem representacional, pois conceitos são de certa forma ligados a símbolos e representações, porém de forma mais abrangente ela se conecta a ideias mais relevantes na estrutura cognitiva. Segundo AUSUBEL D. P.; NOVAK (1978) Ausubel et al. (1978), essa aprendizagem é própria das crianças e ocorre por:

- a) Formação de conceitos: acontece por descobertas proporcionadas pela experiência;
- b) Assimilação de conceitos: é a capacidade de aprender sem a necessidade de experiências empíricas concretas.

3.2.3 Aprendizagem proposicional

o contrário da representacional, nessa aprendizagem o importante não é aprender isoladamente o que conceitos ou palavras isoladas representam, mas aprender significado de ideias, ideias expressa em forma de conceito por uma proposição, ou seja, os conceitos ou conjunto de palavras que forma os conceitos, apesar de ser um requisito para tal, não são os objetos de estudo, mas sim as ideias expressas por ele (MOREIRA 1998). dependendo de como as novas informações irão interagir com o conhecimento prévio do estudante, divide-se em 3 a aprendizagem proposicional: subordinada, superordenada, combinatória. Explicando cada uma podemos destacar os casos que seguem.

a) *Subordinada*

A nova informação é incorporada pelo subsunçor passando a modificá-lo. Se a nova informação simplesmente exemplifica ou explica uma ideia já existente na estrutura cognitiva, essa aprendizagem é derivativa. Se ela for uma extensão ou modificação de conceitos ou proposições previamente aprendidas significativamente (subsunçores), ela é correlativa

(GOMES ERIKA CUPERTINO ; FRANCO, 2020)(GOMES, FRANCO, ROCHA 2020).

b) *Superordenada*

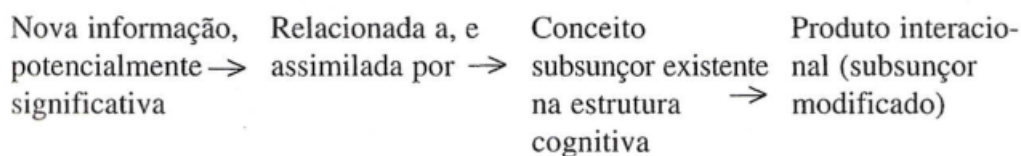
Ocorre quando uma nova informação é relacionável a ideias subordinadas específicas existentes. Acontece quando, partindo dos subsunçores, se forma uma ideia mais geral, que será como base para o surgimento de várias outras ideias. Pode-se usar como exemplo o fato de que à medida que o aluno assimila os conceitos de carro e ônibus, ele pode mais tarde aprender que todos estes são de meio de transporte. (GOMES ERIKA CUPERTINO ; FRANCO, 2020)(GOMES, FRANCO, ROCHA 2020).

c) *Combinatória*

Quando a nova informação não é absorvida total pelo subsunçores existentes ou é muita informação para poucos subsunçores, ocorre uma combinação e fatores para criação de novas estruturas mentais. “É quando conceitos ou proposições que não são subordináveis nem são capazes de subordinar algum conceito ou proposição já estabelecido na estrutura cognitiva.”(GOMES ERIKA CUPERTINO ; FRANCO, 2020)(GOMES, FRANCO, ROCHA 2020).

Para ficar mais claro o processo de construção cognitiva, Ausubel propõe a teoria da assimilação, que ocorre quando um conceito ou proposição é incorporado a subsunçores no estrutura cognitiva se tornando mais amplo, com por exemplo a extensão e determinados conceitos ou proposição(MOREIRA, 1998). A assimilação envolve a incorporação do novo conhecimento nos esquemas mentais ou estruturas cognitivas já existentes. Esses esquemas mentais são as estruturas organizacionais na mente que armazenam e interpretam informações. Quando uma pessoa aprende algo novo, ela tenta ajustar ou ampliar esses esquemas para acomodar o novo conhecimento.

Figura 12 – Esquema representativo da teoria da assimilação



Fonte: Moreira 1998

Como mostra a figura 12 quando assimilado um novo conceito, ele é modificado e o subsunçor também é modificado, dando origem a um produto interacional que é a relação do subsunçor com a nova informação. No entanto, Ausubel também enfatiza

a importância da diferenciação progressiva, que mencionamos a seguir. Isso envolve a organização do material de aprendizagem de uma forma que começa com conceitos mais gerais e simples e progride para conceitos mais específicos e complexos. Dessa forma, a teoria da assimilação está intimamente ligada à diferenciação progressiva na facilitação da aprendizagem significativa.

De acordo com ??), conforme a aprendizagem vai acontecendo ocorre uma elaboração dos conceitos, novas informações são elaboradas e diferenciadas, devido a várias e várias interações o que leva a diferenciação progressiva e reconciliação interativa. A diferenciação progressiva acontece quando um conceito mais geral é apresentado primeiro e partindo dele apresenta-se conceitos mais particulares. Ainda podemos acrescentar que:

ainda, que na diferenciação progressiva o conteúdo deve ser programado de forma que os conceitos gerais e inclusivos da disciplina sejam apresentados primeiro e, progressivamente, distinguidos por meio de conceitos específicos. Nesse sentido, na diferenciação progressiva, a aprendizagem significativa é um processo contínuo, no qual os alunos adquirem conhecimentos mais significativos à medida que são estabelecidas novas relações entre os conceitos apresentados. (SILVA A.; SCHIRLO, 2014).

Na diferenciação progressiva, o objetivo é ajudar os alunos a construir uma estrutura cognitiva sólida, começando com conceitos amplos e, em seguida, avançando gradualmente para conceitos mais detalhados. Isso permite que os alunos vejam a conexão entre os conceitos de forma clara e compreendam como os conceitos específicos se encaixam em um contexto mais amplo. Já na reconciliação integrativa ocorre quando elementos pré-existentes na estrutura cognitiva ao adquirir novas informações podem se reorganizar e adquirir novos significados. Em outras palavras, quando uma pessoa aprende algo novo, ela tenta reconciliar esse novo conhecimento com o que já sabe, encontrando conexões e relações entre o novo material e seus conhecimentos anteriores. Esse processo de reconciliação ajuda a fortalecer e expandir a estrutura cognitiva da pessoa, tornando o novo conhecimento mais significativo e mais facilmente acessível. Segundo Ausubel, esses dois princípios programáticos podem, na prática, ser implementados através do uso de organizadores prévios adequados. Outra maneira de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa e através da utilização de "mapas conceituais" (Moreira e Buchweitz, 1993).

Para Ausubel o primeiro e mais importante fator cognitivo a ser considerado no processo instrucional é a estrutura cognitiva do aluno no momento da aprendizagem, no entanto, a estrutura cognitiva pode ser influenciada de duas maneiras substantivamente, ou seja, pela apresentação, ao aprendiz, de conceitos e princípios unificadores e inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras; e programaticamente, pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino. (MOREIRA, 1995). Segundo próprio Ausubel:

"Uma vez que o problema organizacional substantivo (identificação dos

conceitos organizadores básicos de uma dada disciplina) está resolvido, a atenção pode ser dirigida para os problemas organizacionais programáticos envolvidos na apresentação e organização sequencial das unidades componentes. Aqui, há a hipótese, de vários princípios relativos à programação eficiente do conteúdo são aplicáveis, independentemente da área de conhecimento.” (Ausubel (1978, p. 189) APUT Moreira 1995)

A organização sequencial exposta acima refere-se a uma forma de abordagem de conteúdo no qual está disposto em forma de sequência de conceitos, onde o conceito apresentado primeiro sirva de ancoragem para os próximos.

Para Ausubel, a aprendizagem significativa apresenta três vantagens primordiais: os conhecimentos aprendidos são lembrados por mais tempo, sendo acessível a qualquer momento; em segundo lugar, facilita a aprendizagem de outros conteúdos; e, por fim, mesmo a informação sendo esquecida, facilita a aprendizagem (daquele mesmo conteúdo) novamente, a chamada reaprendizagem. Pelizzari et al. (). Logo a reconciliação integradora, diferenciação progressiva, organização sequencial e consolidação trazem uma importância gigantesca na TAS. Como já comentado sobre as duas primeiras, a organização sequencial é um elemento a ser explorado pelo professor, pois quando se segue uma ordem a compreensão é formada da melhor forma (Moreira 1998).

3.3 Utilização de Vídeos no Ensino de Física Moderna

Os vídeos são ferramentas poderosas para promover a aprendizagem significativa devido à sua capacidade de engajar, ilustrar conceitos complexos e conectar conteúdos novos aos conhecimentos prévios dos alunos. Modificar a forma com que se apresenta a Física é necessário, atualmente essa ciência é vista como meramente como utilização de fórmulas e deixa de lado os conceitos e entendimento mais profundo existente na mesma. A forma de explicações dos conceitos é apresentado com algo estático e muitas vezes difícil de se compreender os desenhos feitos pelos professores, as imagens de livros tentam trazer um pouco de visualização dos fenômenos, porém nem sempre é compreendido. Na Física moderna e quântica esse entendimento torna-se ainda mais difícil, pois a imaginação nem sempre é possível.

Moran (2005) destaca algumas formas e funções de como o vídeo pode ser utilizados, juntamente com suas vantagens: o utilização do vídeo com sensibilização, funciona como organizador prévio, para Ausubel, cria subsunçores e curiosidades para continuidade do conteúdo. Outra é a ilustração que os vídeos podem trazer, a forma dinâmica e movimentos que demonstra a ocorrência de situações e até simulação de experiências. Ainda destaca o desenvolvimento da imaginação e curiosidade do aluno. Segundo a teoria de William Glasser o nosso cérebro aprende 10% lendo, 20% ouvindo, 30% observando, 50% vendo e escutando, 70% por meio de debates e discussões, 80% fazendo algo e 95% ensinando

(PARADELLA, 2020).

A forma de explicações dos conceitos é apresentada com algo estático e muitas vezes difícil de se compreender os desenhos feitos pelos professores. As imagens de livros tentam trazer um pouco de visualização dos fenômenos, porém nem sempre é compreendido. RODRIGUES Ernani Vassoler ; LAVINO (2019) apresentam a seguinte ideia sobre o estudo de Física:

"Eventos observados no mundo físico ocorrem dinamicamente e têm suas grandezas físicas variando no tempo. As descrições desses eventos, apresentadas em manuais ou livros didáticos de Física, são tipicamente estáticas e por isso se afastam do evento em si. Essa limitação inerente se caracteriza pela ausência de formas de modelagem e reprodução dos eventos, da maneira como são no mundo natural, tais que possam considerar a variação temporal das quantidades físicas envolvidas."

O Ganho do movimento é algo mais visível e fácil de assimilação, trazendo para a realidade do aluno e buscando sempre ser uma aprendizagem significativa. Ao analisar os conceitos e teorias da Física Moderna e Contemporânea (FMC), muitas vezes, abstratos, longe da realidade prática dos alunos. Compreender como se chega a conclusão de que o tempo é relativo, a velocidade da luz é constante, a inexistência do Éter... é fora da realidade dos mesmos. Ao visualizar determinada experiência, por exemplo, o experimento realizado por Michelson – Morley que determina a velocidade da luz constante, chegando as conclusões de forma mais prática.

3.4 Relação da Teoria da Aprendizagem Significativa com a Sequência Didática

Como Ausubel relata a sequência organizacional dos conteúdos é um fator a ser explorado pelo professor, portanto um dos maiores desafios nessa sequência foi organizar os conteúdos de forma que formasse uma sequência, mesmo com a preocupação de assunto novo de Física moderna. Como não será escolhido um único assunto, mas uma sequência que possa introduzir o tópico de Física moderna, a busca por uma sequência será primordial nesse primeiro momento.

Como organizadores prévios alguns temas propostos tem questionamentos para buscar a interação dos alunos com o tema proposto, fazendo com que os alunos possam utilizar demonstrar o conhecimento prévio sobre os conteúdos de forma a perceber o que se traz na estrutura cognitiva pronta do aluno. O quadro a seguir mostra alguns dos temas propostos junto as perguntas que levam a reflexão.

Tabela 1 – Temas e questionamentos

Teorias clássicas	Apresentar o que chamamos de física clássica e se ela apresenta limites ou não. Até onde a natureza clássica responde meus anseios?
Relatividade	Partindo da vida e obra de Einstein, como se deu a transformação de sua vida em 1905?
Relatividade	Paradoxo dos gêmeos e o paradoxo do celeiro e da lança
Relatividade	Viagem no tempo é possível? Viajar na velocidade da luz, é possível? Afinal, o que significa a famosa equação $E=mc^2$.
Teoria quântica	Afinal, o que significa o gato de Schrödiger?
Consequências das novas teorias.	Buracos negros e ondas gravitacionais. O que é? Como são abordados? E como influenciam em nossas vidas.

Na tabela 1 os temas apresentados nortearão uma roda de conversa, onde o professor irá perceber os conhecimentos prévios dos alunos. Atento a cada fala e a forma com o qual se fala sobre os conteúdos, poderá perceber o quanto a informação está organizada na estrutura cognitiva do aluno. Quanto aos assuntos mais complexos como relatividade e teorias quânticas, pressupôs que através de séries e filmes, redes sociais tenha sido visto de alguma forma.

Na tabela 2 está presente os temas e sequências a serem utilizadas como os organizadores prévios, partindo dos subsunçores dos estudantes. A forma de conseguir acessar os conhecimentos prévios será através das discussões das perguntas norteadoras, apresentada tanto na tabela 1 como, mais profundamente, na tabela 2.

Sendo o primeiro contato com os assuntos propriamente ditos, tendo organizado todos os conceitos e teorias, baseado na teoria de Ausubel, ocorrerá um armazenamento de informação na estrutura cognitiva de forma arbitrária e não literal, os vídeos terão a função de torna essa aprendizagem o mais significativa possível, tendo em vista as dificuldades da linguagem científica para o conteúdo.

Na busca da interação da aprendizagem significativa através da diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Como já salientado anteriormente o conhecimento prévio dos estudantes será importante, pois os símbolos e conceitos expostos na sociedade apenas lançados terá uma organização e interação maior com os subsunçores. Através do material potencialmente útil que será utilizado, slides para aulas expositivas, questionamentos que nos levam a uma roda de conversa, vídeos animados para exemplificação, textos didáticos, produzido pelo autor, utilização de artigos dentre outros. Com objetivo de busca a interação dos novos conhecimentos adquiridos na aprendizagem mecânica durante as aulas expositiva apenas, criando caminhos e ao fim poder perceber a consolidação do

Tabela 2 – Organização sequencial

Epistemologia da ciência.	Através de um texto didático, proporcionar ao aluno o entendimento da evolução da ciência de forma não linear, e que as teorias que vão surgindo, não exclui a teoria antiga.
Epistemologia da ciência.	Expor a forma que apresenta que surge as novas teorias e leis físicas.
A Física Clássica	Apresentar o que chamamos de física clássica e se ela apresenta limites ou não. Até onde a natureza clássica responde meus anseios?
Rachaduras clássicas	As dificuldades encontradas na Física que a teoria clássica não conseguia responder. O quinto elemento: o Éter e a experiência de Michelson – Morley. Catástrofe ultravioleta e Max Planck, Quem foi Max Planck?
Rachaduras clássicas	Natureza da luz e os átomos. Utilizando pequenas experiências (mentais) para demonstrar a natureza corpuscular e a natureza ondulatória da luz, seguidas de explicações do que se tinha no período histórico
O ano miraculoso de Einstein	Partindo da vida e obra de Einstein, como se deu a transformação de sua vida em 1905? Ainda sobre os Artigos, entender a teoria da relatividade e entender duas situações problemas: o famoso paradoxo dos gêmeos e a contração do espaço
Relatividade geral	Relatividade geral, relatividade restrita x teoria clássica. O que mudou? A diferença entre as duas teorias e como as duas continuam válidas.
Consequências das novas teorias.	Buracos negros e ondas gravitacionais. O que é? Como são abordados? E como influenciam em nossas vidas.
Consequências das novas teorias.	Viagem no tempo é possível? Viajar na velocidade da luz, é possível? Afinal, o que significa a famosa equação $E=mc^2$.
Uma nova abordagem da teoria atômica.	Retomando a abordagem atômica, como foi solucionado os problemas que surgiram no final do séc. XIX, e seus principais colaboradores: Bohr, Schrödinger, Heisenberg.
O efeito fotoelétrico	Utilizando o Artigo de 1905 (adaptado para a leitura do ensino médio) e produzindo experiência com relé de iluminação para a compreensão de tal fenômeno.
O efeito fotoelétrico	Utilizando o Artigo de 1905 (adaptado para a leitura do ensino médio) e produzindo experiência sobre efeito fotoelétrico.
Consequência da teoria quântica.	Princípio da Incerteza, gato de Schrödinger; Teoria da ressonância.
A Física moderna nos filmes e séries.	Analisar as leis físicas nos filmes e séries, compreender o quão estão corretas e até onde há possibilidade de ocorrência. Exemplo de filmes: Interestelar; Star Wars; Doctor Who; Perdidos no Espaço. Série: Flash; Loki; Star Trek.

conhecimento através das visualizações nas séries e filmes apresentados.

A utilização de vídeos como recurso didático tem se mostrado uma ferramenta poderosa no ensino de física moderna, oferecendo uma abordagem visual e interativa que pode facilitar a compreensão de conceitos complexos e abstratos. A física moderna, com suas teorias de relatividade e mecânica quântica, muitas vezes desafia a intuição e o pensamento linear, tornando a inclusão de mídias visuais uma estratégia pedagógica eficaz. A física moderna lida com fenômenos que não são facilmente observáveis a olho nu, como o comportamento das partículas subatômicas ou a curvatura do espaço-tempo. Moreira 2013 destaca que “ Vídeos podem transformar conceitos abstratos em visualizações concretas, ajudando os alunos a entender fenômenos que, de outra forma, seriam extremamente difíceis de visualizar. Os vídeos podem ser usados de diversas formas, podem servir como complemento às aulas expositivas, oferecendo uma perspectiva adicional que pode esclarecer dúvidas e reforçar o conteúdo aprendido, podem servir como introdução a aula provocando a curiosidade dos alunos e seu senso crítico. Durante a aula sendo utilizado como exposição de exemplos e ou simuladores. Quando usados como complemento às aulas tradicionais, os vídeos podem fornecer uma visão alternativa e, muitas vezes, mais intuitiva dos tópicos abordados.”(Moreira, 2013, p. 116)

Um outro benefício ao qual levou a ser escolhido os vídeos foram Estudantes podem revisar vídeos fora do ambiente de sala de aula, permitindo um aprendizado mais flexível e adaptado ao ritmo individual. E com curiosidade ir atrás dos canais utilizados em sala de aula. "A possibilidade de os alunos acessarem vídeos a qualquer momento permite um aprendizado mais autônomo e adaptado às suas necessidades individuais."(Moreira, 2013, p. 118). A utilização de vídeos no ensino de física moderna oferece inúmeras vantagens, desde a visualização de conceitos abstratos até o aumento do engajamento dos alunos. No entanto, é essencial que esses recursos sejam cuidadosamente selecionados e integrados ao currículo para garantir sua eficácia. Como destacou Moreira (2013), quando usados de maneira apropriada, os vídeos podem transformar significativamente a experiência de aprendizado, tornando a física moderna mais acessível e compreensível para todos os alunos.

Integrar a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel com a utilização de vídeos no ensino de física moderna pode enriquecer o processo de ensino-aprendizagem, tornando os conceitos abstratos mais acessíveis e promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura. Ao relacionar novos conhecimentos a conceitos familiares e utilizar recursos visuais para ilustrar fenômenos complexos, os vídeos podem facilitar a construção de um entendimento significativo e motivador da física moderna.

Para Ausubel 1978 apud Silva e Schirlo 2014 o professor deve identificar subsunções que sirvam de ancoragem para o novo conhecimento, e produzir materiais que possibilitem a absorção desse novo conhecimento, assim o material potencialmente significativo contribui

para que o aluno tenha predisposição para agregar o novo material de maneira substantiva e não arbitrária, à sua estrutura cognitiva, proporcionando uma aprendizagem significativa. Assim toda a sequência foi planejada e os organizadores prévios com intuito de buscar a ligação com os subsunçores e produzir um produto interacional.

4 Metodologia

O objetivo desta pesquisa é avaliar o uso de vídeos como metodologia para ensino de física moderna. Trata-se de uma pesquisa qualitativa de estudo de caso, onde foi avaliado o quão é eficaz para a aprendizagem a utilização de vídeos retirados da plataforma YouTube no entendimento e compreensão de situações que envolvem física moderna. Segundo Godoy 1995: “Algumas características básicas identificam os estudos denominados “qualitativos”. Segundo esta perspectiva, um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada. Para tanto, o pesquisador vai a campo buscando “captar” o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista relevantes.” Neste estudo, a compreensão de conceitos básicos e conceitos explorados nos filmes e séries que fazem parte da vida dos discentes foi avaliado em pelo diálogo e apresentação de atividade oral (seminários, exposições dentre outras), percebendo os termos e assim captando dados que corroborem para a pesquisa bem como as dificuldades encontradas.

A pesquisa foi realizada com alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola pública em Teresina- PI. A escola escolhida foi o CETI professor José Amável, cada turma havia 30 alunos totalizando 60 alunos que participaram desta pesquisa. A escolha desta turma segue os seguintes critérios: 1. Como pré-requisito, terem familiaridade com os assuntos da Física Clássica e estudo de ondas e óptica, o que influenciou na data da aplicação do projeto. 2. Para não utilizar as aulas regulares, foi escolhido turmas que apresentem as matérias do itinerário formativo onde apresenta o documento “ciências da natureza e suas tecnologias: aprofundamento de conhecimentos estruturantes para aplicação de diferentes conceitos em contextos sociais e de trabalho, organizando arranjos curriculares que permitam estudos em astronomia, metrologia, física geral, clássica, molecular, quântica e mecânica, instrumentação, ótica, acústica,” (BRASIL, 2018).

A metodologia descrita aqui será dividida em 4 etapas. Nas duas primeiras partes será descrito a forma de utilização e escolha das matérias e vídeos que foram utilizados e como foram utilizados durante a aula, tendo em vista que não foi todas as aulas que se utilizou tal metodologia. Na segunda e terceira parte será apresentado as discussões acerca do tema e apresentações em sala, bem como as formas de coletas de dados, e as dificuldades encontradas na aplicação do produto educacional.

4.1 Roda de Conversa

O primeiro passo desse trabalho foi uma roda de conversa, visando conhecer um pouco mais da realidade dos alunos e perceber o conhecimento de cada uma deles sobre os

Tabela 3 – Programação

Temas	Quantidades de aulas
Mecânica Newtoniana e suas validades	1 aula
Éter e a experiencia de Michaelson - Morley	1 aula
Velocidade da Luz Constante e Conceito de espaço-tempo	1 aulas
1905 - O ano miraculoso de Einstein	1 aula
Relatividade Restrita e Relatividade Geral	1 aula
Dilatação do tempo e contração do espaço – paradoxo dos gêmeos.	1 aula
Ondas gravitacionais e buracos negros	1 aula
Buracos negros	1 aula
Viagem no tempo e equação $E=mc^2$	1 aula
Catástrofe ultravioleta	1 aula
Princípio da incerteza de Heisenberg	1 aula
Teoria atômica de Schrödinger	1 aula
O gato de Schrödinger, teoria da ressonância	1 aula
Apresentação de Seminários	2 aulas

temas abordados. Tomando como base filmes, séries e as redes sociais, percebe-se uma longa abordagem de viagens no tempo, buracos negros, ‘correr a velocidade da luz’ dentre outros, foi realizado alguns questionamentos:

- a) As leis de Newton, servem para tudo existente ou pode apresentar situações que não é respondida pela mecânica newtoniana?
- b) Quais cientistas vocês conhecem? Conhecem Albert Einstein? Se sim quem foi ele?
- c) Vocês conhecem a teoria da relatividade? O que ela quer dizer?
- d) conhecem o paradoxo dos gêmeos? O que diz esse paradoxo?
- e) o que é um buraco negro?
- f) É possível viajar a velocidade da luz? E viagem no tempo, é possível?
- g) você conhece a experiência do gato de Schrödinger? O que ela quer dizer?

Essas foram as perguntas utilizadas nesse primeiro momento, que durou 1 aula (1 hora, tempo da aula das escolas de tempo integral no Piauí). Os alunos puderam partilhar suas opiniões (já que o conhecimento prévio não está bem formulado, nesse primeiro momento). A Forma de abordagem ficou da seguinte forma:

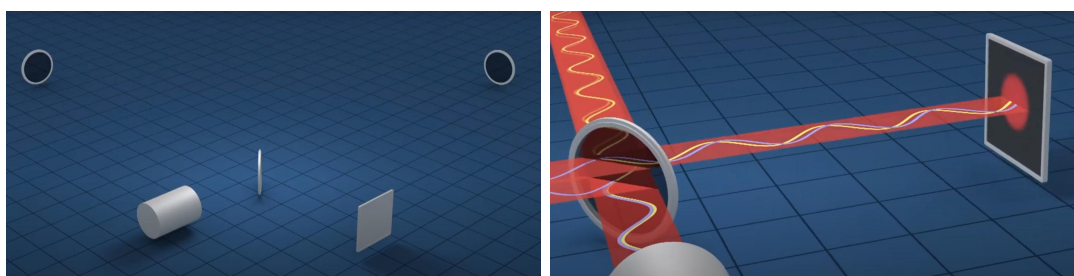
Assim pode-se apresentar conceitos gerais da Física moderna, sem muita profundidade e sem apresentar equações mais profundas, pois a base necessária, não foi construída, e sendo conceito novos seria importante construir um conhecimento prévio.

4.2 Utilização de Vídeos como recurso didático

Os vídeos foram selecionados avaliando a complexidade de cada conceito a ser entendido, e a linguagem mais didática possível, que facilite a aprendizagem e entendimento por parte dos alunos. As ilustrações dos vídeos foram primordiais. Porém, nem toda aula foi utilizado vídeos, em algumas foram utilizadas aula dita tradicional, utilizando quadro e pincel. Os vídeos têm duração de no máximo 14 min, pois ao alongar-se pode tornar-se enfadonho e cansativo e não ter proveito durante a apresentação.

Na primeira aula foi realizada uma roda de conversa com as perguntas já listadas anteriormente, para a segunda aula, foi utilizado um vídeo que retrata a experiência de Michaelson e Morley, antes da apresentação da animação, foi realizado uma revisão dos conteúdos de ondas para relembrar conceitos e características importantes para ser compreendido a forma que aconteceram as análises dos resultados.

Figura 13 – Imagem do interferômetro de Michelson - Morley



Vídeo ilustrativo do YouTube

As figuras 13 acima foram retiradas do vídeo interferômetro de Michaelson, do canal a amplitude do laser, nele pode-se ilustrar como ocorreu a realização do experimento e de forma ilustrativa as formas de ondas que produziram as franjas de difração. É um Vídeo muito curto com menos de 1 minuto, assim o professor (autor deste trabalho) explicava, o processo, os resultados e as conclusões retiradas, curiosidades sobre a mesma, mostrando a importância para o mundo científico.

Na aula sobre relatividade foi utilizado um vídeo retirado da série Gênios da National Geographic, esta série mostra uma biografia de grande personalidades mundiais com Einstein, Picasso, Aretha Franklin, dentre outros. Primeiramente foi orientou-se aos alunos a realizar uma experiência mental, imaginar uma situação a seguinte situação: “imagine você parado em um dia de trovoadas, quando caem dois raios a sua frente, distantes 100m um do outro, qual deles toca o chão primeiro?” em seguida, uma nova situação foi sugerida: “imagine você em um trem em movimento, com velocidade muito alta, e olhando ver a mesma situação descrita anteriormente, dois raios caindo a uma distância de 100m um do outro, qual tocaria ao chão primeiro?”. Após esse momento o vídeo retrata a imagem descrita nas duas situações e suas explicações. *Reproduzida na Série Gênios*

Figura 14 – Experiência mental



Vídeo ilustrativo do YouTube

Assunto das aulas	Vídeos	Canal do you tube
Experiencia de Michaelson – Morley	Interferômetro de Michaelson	Amplitude do laser
Relatividade restrita e relatividade geral	Genius – explicação da relatividade restrita e geral	Educação científica IFSP - Caraguatatuba
Buracos negros	Buracos negros explicados Buracos Negros/ Nerdologia	Ciências todo dia Nerdologia
Ondas gravitacionais	Ondas gravitacionais/ Nerdologia	Nerdologia
$E=mc^2$	O que $E=mc^2$ significa?	Ponto em comum
Mecânica quântica	Física Quântica explicada	Ciências todo dia
Teorias atômicas	Uma breve historia do átomo	Ciências todo dia
Gato de Schrödinger	O Gato de Schrödinger explicado	Ciências todo dia

A figura 14 mostra a primeira situação descrita, ajudando a imaginação dos discentes, podendo chegar as conclusões corretas, sendo orientados pelo professor.

Os demais vídeos utilizados foram retirados do YouTube, sendo a principal características entre eles uma linguagem acessível, muito fácil de assimilação. Ilustrações e a construção histórica também foram fatores relevantes para a escolha dos vídeos, compreender bem como chegaram-se as conclusões das teorias e leis é um passo importante para o entendimento das leis, e por isso um fator importante nesse trabalho. A tabela a seguir apresenta os vídeos utilizados no trabalho.

No quadro acima podemos destacar os vídeos de divulgação científica do engenheiro eletricitista, Pedro Loss, o ciências todo dia, e o nerdologia que é produzido pelo doutor em microbiologia Atila Lamarino. Com os critérios já comentados e as boas explicações em

vídeos de no máximo 15 min, tornou-se interessante suas utilizações.

Durante a aplicação foi realizado um pequeno teste ao finalizar a mecânica relativística, e perceber o que os alunos tinham entendido até o momento, as palavras a serem usadas para explicar as situações e os conceitos.

4.3 Coleta de Dados

Ao fim da aplicação do produto, com cada aula e assunto finalizado, foi proposto aos alunos um seminário onde iriam buscar filmes e/ou séries no qual aqueles conceitos fossem explorados, explicando o que é cada situação e mostrando como aparece no filme e/ou série que está sendo mostrado. Os alunos tiveram uma semana para preparar a apresentação sob a orientação do professor, ajustando os conhecimentos adquiridos.

A análise foi através da apresentação dos seminários, onde foi avaliado a fala e como foi explanado o conteúdo apresentado, bem como a situação escolhida para mostrar, se esta conforme os temas propostos ou não, percebendo a interação dos novos conhecimentos e a forma com que interage com a realidade dos alunos.

5 Resultados e Discussões

5.1 Roda de Conversa

A aula inicial desse projeto inicia com uma roda de conversa, como já explanado na sessão anterior, o que provocou os alunos a pensarem nas situações problemas propostas, logo a baixo será colocado algumas das respostas para cada questão:

a) As leis de Newton, servem para tudo existente ou pode apresentar situações que não é respondida pela mecânica newtoniana?

Aqui os alunos foram unânimes em responder que sim, vale para exatamente tudo, mas não souberam ter uma justificativa que pudessem corroborar para suas afirmações. Foi perceptível a imensa dúvida sobre tal questão. No decorrer das aulas seguintes mostra-se a resposta para essa questão, que as leis da mecânica clássica são validas para corpos de baixa velocidade, comparada a velocidade da luz, e dimensões macroscópicas.

b) Quais cientistas vocês conhecem? Conhecem Albert Einstein? Se sim quem foi ele?

Muitos alunos citaram Marie Curie, Isaac Newton e Albert Einstein, nenhum a mais do que esses três e quando questionados sobre quem era Albert Einstein, posso destacar que a frase de uma aluna “ o cientista que inventou o tempo”. Nesse contexto foi perceptível que o nome era lembrado mas quem realmente foram essas pessoas não se tinha a menor ideia até mesmo por não fazer parte do cotidiano deles e nem ser algo, a priori, de interesse para aprofundamento. Muito se ouvi falar, mas pouco se sabe quem são, o que nos leva a muitas reflexões diante do contexto histórico de tão importante para a construção dos conceitos científico.

c) Vocês conhecem a teoria da relatividade? O que ela quer dizer?

Os alunos souberam relacionar a teoria ao autor, ouviram falar na TV ou nas redes sociais, mas não sabiam explicar exatamente o que era, como funcionava. Um aluno comentou sobre o tempo relativo, mas não soube explicar o porquê.

d) Conhecem o paradoxo dos gêmeos? O que diz esse paradoxo?

Muitos disseram não saber o que se trata, mas para 4 alunos a história é conhecida e eles a contaram da seguinte forma:

Aluno 1: professor, essa é aquela experiência que bota dois gêmeos em um viaja em um foguete ao redor da Terra, e quando volta tá mais novo do que o outro?

Em resposta ao aluno 1, um segundo aluno acrescenta:

Aluno 2: Ele viaja na velocidade da luz.

Esse pequeno diálogo mostra que alguns alunos chegam a conhecer mas não houve uma aprendizagem efetiva sobre o paradoxo, em compensação quando questionado o que esse paradoxo queria dizer, qual a importância dele.

e) O que é um buraco negro?

Essa pergunta despertou muito interesse, mas como esperado não conseguiram responder a tal pergunta, podemos destacar algumas frases como: “é o lugar onde a luz some”, “é o buraco de minhoca”, “acho é alguma região do espaço com um campo gravitacional meio forte que nem luz sai”, “um lugar que de tão forte puxa as coisas e nada escapa de lá”. Percebe-se um pequeno entendimento do que seja, mas não conseguem formular uma resposta utilizando palavras mais coesas para a resposta, é algo ainda muito confuso na estrutura cognitiva dos alunos que responderam tal questão.

f) É possível viajar a velocidade da luz? E viagem no tempo, é possível?

A resposta foi instintiva, não, mas sem nenhuma base científica, o conhecimento vem muito dos filmes que abordam viagem no tempo, e o que marca bastante é a ideia de buraco de minhoca.

g) Você conhece a experiência do gato de Schrödinger? O que ela quer dizer?

Outra pergunta que chamou bastante a atenção dos alunos, dois conheciam a experiência mental os outros ficaram tentando responder o questionamento que a envolvi, o que foi algo interessante pois formou um debate e ao colocar os argumentos pouco a pouco as perguntas iam surgindo cada vez mais. Um aluno descreveu a experiência sendo “aquela que o homem bota o gato e veneno numa caixa e fecha, depois pergunta se o gato tá vivo ou morto.” outro aluno corrigiu explicando: “coloca o gato e um elemento radioativo dentro de uma caixa, fecha e depois de um certo tempo, pergunta-se se o gato está vivo ou morto” o debate correu em sala, pois queria saber se estava vivo ou morto, mas o real sentido desta, ninguém sabia explicar.

O que se percebe com a realização desse momento é que os conceitos estão totalmente desconectados, não houve uma ligação com a estrutura cognitiva dos alunos e por isso não há uma compreensão do fenômeno.

5.2 Utilização dos vídeos

A atenção nos vídeos apresentados foi algo que pode destacar como positivo, e a medida que as animações ocorriam a compreensão do fenômeno apresentado era mais claro. Vale ressaltar que é importante a intervenção do professor quando perceber que os alunos ficaram confuso com o vídeo, assim fazendo a mediação entre o que o aluno entendeu e o que ficou confuso.

Para o primeiro vídeo apresentado (interferômetro de Michaelson) foi necessário uma explicação dos fenômenos ondulatórios e o motivo ao qual levou o cientista a fazer tal experiência, após essa explicação, mostrando o vídeo os alunos puderam perceber como funcionava exatamente a experiência e chegando as conclusões corretas, orientados pelo professor.

Ao abordar a relatividade com a proposta de uma experiência mental os alunos tiveram ótimas conclusões, porém ainda meio confusos, assimilando a situação imaginada, de fato mentalizar um referencial em movimento a uma velocidade extremamente alta foge bastante da nossa realidade. Contudo ao apresentar o vídeo e verem a experiência acontecer chegaram as mesmas, com uma convicção de entendimento bem maior. A forma visual facilita a compreensão de fenômenos e assim o entendimento dos conceitos essenciais. A linguagem abordada nesse vídeo também favorece a ser algo que prenda a atenção dos alunos.

A aulas expositivas seguintes tornaram-se mais interessante pois a curiosidade dos alunos foi aguçada com o avanço dos assuntos, com as dinâmicas utilizadas pelos vídeos, e por curiosidades tratadas em sala. A participação se tornou bem mais frequente, facilitando a interação com o conteúdo. Após mostrar os conceitos de relatividade restrita e geral, em uma aula expositiva foi falado da dilatação do tempo e contração do espaço, sem aprofundar nas demonstrações das equações. Ao demonstrar as transformadas de Lorentz fazendo pequenos exemplos e ficou claro a dilatação e contração, utilizando até o paradoxo do celeiro e da lança.

Vale ressaltar que os vídeos de divulgação científica utilizados neste trabalho foram muito benéficos, pois uma contextualização histórica da construção do conceito é algo extremamente importante facilita a compreensão do fenômeno. No vídeo sobre buracos negros a compreensão para os alunos foi muito boa, podemos destacar o comentário, já que um dos objetivos do trabalho é fazer com que os alunos percebam isso no cotidiano, principalmente nos filmes e séries no qual podem assistir. Ao falar que a luz, ao adentrar o horizonte de eventos de um buraco negro, não retorna, automaticamente os alunos comentaram em sala: “Professor, vi uma cena dessa no filme interestelar, um homem cai no buraco negro e aos poucos ele vai sumindo, isso acontece por que a luz não volta não é?”. Assim verifica-se que a conexão dos conceitos apresentados em sala com a vida, o cotidiano dos alunos foi realizada, com o auxílio dos vídeos e da forma dinâmica com que eles desenvolvem os conceitos.

5.3 Apresentação dos Seminários

A avaliação dos alunos e do trabalho foi em um seminário onde foi avaliado a forma de falar dos alunos, os conceitos-chave e a ligação com as cenas de filmes e série que

representam os conteúdos. A proposta é exatamente que os alunos pudessem perceber as teorias apresentadas em sala, em filmes e séries, e apresentar em aos demais da sala de aula.

A esta forma de avaliar a eficácia e eficiência do trabalho, foi muito certa, pois da a liberdade do aluno expressar o que foi assimilado, diferente de uma prova com respostas exatas. Cada grupo que apresentou teve um bom aproveitamento e aprendizagem significativa, a linguagem científica propriamente dita, não foi assimilada, pois até mesmo não são palavras usadas no dia a dia, então fica muito difícil em poucas aulas assimilar uma fala tão específica como essa. Abaixo apresento alguns temas que foi apresentado neste seminário.

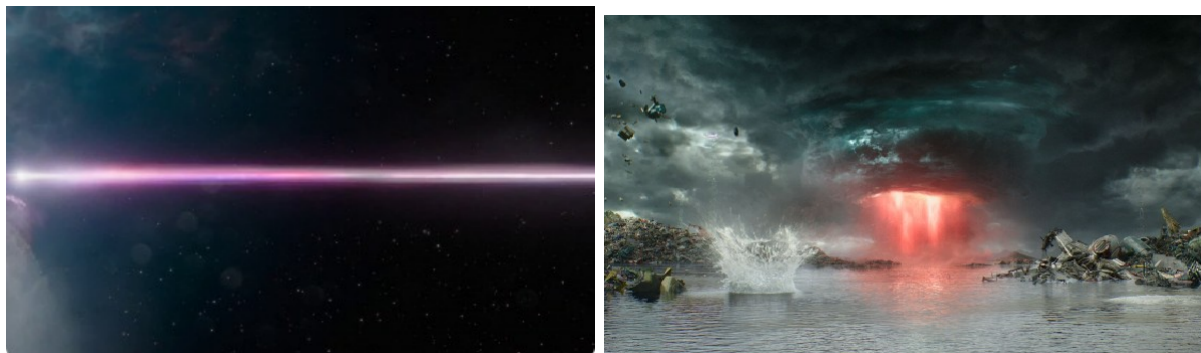
Um dos grupos trouxe o filme “O homem do futuro” filme brasileiro lançado em 2011 pela globo filmes. O filme retrata a história de um cientista que viaja no tempo para mudar uma humilhação sofrida na época de faculdade. O tema abordado pelo grupo foi a viagem no tempo. Como já ressaltado, a apresentação teve as falhas em termos científico, pois no cotidiano não são termos utilizados. A apresentação trouxe situações da existência ou não da possibilidade de viajar no tempo: “A viagem no tempo é um tema complexo e ainda não há consenso científico sobre sua possibilidade. Alguns teóricos acreditam que pode ser teoricamente viável, mas ainda não temos evidências concretas para afirmar com certeza.” Essa frase mostra o entendimento que sobre viagem no tempo.

Outros dois grupo apresentou sobre buracos negros, cada um deles sob perspectivas diferentes. O primeiro deles apresentou trechos do filme Interestelar (mostrando buracos negros e o horizonte de eventos), comentando a ficção apresentada nos filmes e os conceitos que levam a entender o que realmente acontece no mundo científico, trouxe também esse cuidado com os conceitos que são desconfigurados para atender a realidade cinematográfica. Já o segundo grupo comentou sobre os buracos de minhoca, muito utilizado em filmes de ficção científica com uma ideia de rápido deslocamento no espaço-tempo. Partindo dessa perspectiva o filme apresentado foi Thor Ragnarok: A Jornada Épica, um filme dos estúdios Marvel, neste filme foi destacado a passagem entre os nove reinos através da ponte Bifrost, tal ponte leva a um portal que liga os mundos, na figura a seguir mostra as semelhanças:

As figuras mostram a semelhança entre o tipo de buraco negro: buraco de minhoca e a ponte relatada no filme. A pesquisa e as aulas levaram a conclusões muito efetivas.

E por fim outros dois grupos apresentaram conceitos da relatividade vistos no filme Flash, um deles explora a dilatação do tempo e contração do espaço, mostrando que movimentos próximos as velocidade da luz (como corre o personagem do filme) os corpos que se movimentam muito a baixo dessa velocidade aparecem muito lento, como ocorre nas primeiras cenas do filme da DC comics lançado em 2023. A outra cena é relacionada a viagem no tempo já que, segundo o filme e/ou a série, o personagem consegue voltar ao

Figura 15 – Ponte Bifrost: saída e chegada



Imagens retiradas do filme Thor Ragnarok

passado ao ultrapassar a velocidade da luz.

Alguns empecilhos existentes que precisam ser relatados, a dificuldade geralmente foi conseguir a utilização do data show, já que só tinha um para escola inteira, sendo 22 professores, então a falta de material na escola poderia complicar a aplicação. E a dificuldade na Física Clássica, já que o comum é decorar tantas fórmulas, as teorias ficam perdidas, precisando que, muitas vezes, retornasse a conceitos para buscar a compreensão do conteúdo novo.

6 Conclusão

Este trabalho tem como ponto de partida a dificuldade em apresentar em sala de aula a Física Moderna e contemporânea, seja por falta de tempo dentro da matriz curricular, seja por dificuldade de base necessária para o conteúdo ou estratégias metodológicas que favorecessem a compreensão. Diante disso, utilizando o tempo das eletivas propostas pelo Ministério da Educação onde orienta aprofundamentos nas áreas de conhecimento e dentro de uma delas tem-se ciências da natureza e suas tecnologias, onde também propõe aprofundar na Física Moderna. O uso dos vídeos como estratégia metodológica se faz por conta da facilidade de obter dinamismo para determinados conceitos primordiais dentro da área. O uso do vídeo é um recurso didático que dinamiza e chama a atenção dos estudantes, na ausência de um laboratório, pode-se usar vídeos para demonstrar as experiências desejadas. Logo o uso desse recurso é extremamente válido principalmente para uma área científica pouco explorada em sala de aula.

Diante dos resultados obtidos verifica-se o benefício do recurso utilizado, que pode ser também utilizado com a produção do mesmo, já que os recursos para a produção de vídeos são bem em conta, para alguns casos. Para uma aprendizagem significativa é necessário uma união dos conhecimentos já existentes e de realidade do discente com o novo conhecimento e a forma com que o docente possa mediar a aprendizagem é ferramenta fundamental nesse processo, ao se utilizar uma linguagem mais próxima do cotidiano do aluno, abre portas para o entendimento e concepções dos fenômenos do dia a dia. As redes sociais e os vídeos curtos tornam-se parte da vida do jovem, que os prende por horas em frente a tela do celular. Logo utilizando tais vídeos pode-se chegar ao jovem de uma forma mais rápida e prender a atenção do mesmo. Produzir um entendimento dentro de um conteúdo quase nada explorado em sala de aula, como a física moderna, porém muito presente em jornais, notícias e redes sociais. Essa área da física provoca muita curiosidade aos estudantes e tornou o ensino mais interessante.

A interação dos alunos durante a aplicação do produto, a forma de prender a atenção mostra os benefícios da estratégia utilizada. Ao analisar os resultados percebe-se que a aprendizagem significativa através da assimilação de conceitos foi válida, tendo em vista que os conceitos foram compreendidos, porém a dificuldade em termos científicos, a linguagem em si, que explicam o fenômeno é algo a ressaltar que precisa ser melhor trabalhado e por mais tempo, como não faz parte do cotidiano do alunado os termos mais científicos é algo que não tem costume.

Dentre os resultados ainda podemos destacar as interpretações de filmes e séries por parte dos alunos, onde puderam encontrar os conceitos apresentados na indústria

cinematográfica as ideias necessárias trabalhadas em sala de aula. Atualmente se vê a grande exploração de conceitos e ideias científicas nos filmes de ficção científica, ampliando a visão, em desenhos e animes também podendo ser utilizados em sala de aula para mostrar os conceitos importantes dentro da Física Clássica e outras áreas. A melhor percepção desses dados nos meios de comunicação diariamente é uma prova que o novo conteúdo foi assimilado em sua grande quantidade, deixando a desejar, ainda em aspectos bem específicos.

A esta pesquisa pode ser ampliada com vídeos criados pelos próprios alunos, já que são formas baratas de trabalhar, vídeos produzidos por aplicativos como Powtoon que cria vídeos animados e ou aplicativos para criar simulação. Compreendendo que a visualização da ocorrência do fenômeno facilita a aprendizagem e cria um senso crítico que possibilita questionamentos e ampliação dos conceitos.

Referências

RODRIGUES , Ernani Vassoler ; LAVINO, Daniel.

ALVES, M. História do currículo de física no brasil. *Revista Brasileira de História da Educação*, 2005.

AUSUBEL, D.-P. *A Cognitive View*. [S.l.]: New York, 1968.

AUSUBEL D. P.; NOVAK, J. D. H. H. Educational psychology: a cognitive view. *Ed. Holt, Rinehart and Winston*, 1978.

BARDEEN, J.; BRATTAIN, W. H.; SHOCKLEY, W. The transistor, a semi-conductor triode. *Physical Review*, v. 74, n. 2, p. 230–231, 1947.

BOHR, N. The quantum postulate and the recent development of atomic theory. *Nature*, v. 121, n. 3050, p. 580–590, 1928.

CARUSO, A. C. *Temas em psicologia*. [S.l.]: São paulo: PUC, 1994.

CATELLI FRANCISCO; VICENZI, S. Interferômetro de michelson. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 2004.

CAVALCANTE MARISA ALMEIDA; HAAG, R. Corpo negro e determinação experimental da constante de planck. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2005.

COLLABORATION, B. P. A. et al. L. S.; COLLABORATION), V. Observation of gravitational waves from a binary black hole merger. *Physical Review Letters*, v. 116, p. 061102, 2016. Disponível em: <<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.116.061102>>.

EINSTEIN, A. Zur elektrodynamik bewegter körper. *Annalen der Physik*, 1905.

EINSTEIN, A. Die grundlage der allgemeinen relativitätstheorie. *Annalen der Physik*, v. 49, n. 7, p. 769–822, 1915.

FEYNMAN, R. P. *Six Easy Pieces: Essentials of Physics Explained by Its Most Brilliant Teacher*. [S.l.]: Basic Books, 1995.

FRÈ, P. *Classical and Quantum Black Holes*. [S.l.]: Springer, 2002.

GARDNER, H. *Multiple Intelligences: The Theory in Practice*. [S.l.]: New York: Basic Books, 1993.

GOMES ERIKA CUPERTINO ; FRANCO, X. L. . R. A. S. Uso de simuladores para potencializar a aprendizagem no ensino de física. *Tocantis: EDUTO*, 2020.

GOMES, C. *Uso de simuladores para potencializar a aprendizagem no ensino de Física*. [S.l.]: Editora Universitária - EdUFT, 2020. ISBN 9786589119135.

HAWKING, S. *A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes*. [S.l.]: Bantam Books, 1988.

HAWKING S., . M. L. *The Grand Design*. [S.l.]: Bantam Books, 2010.

HEISENBERG, W. Über den anschaulichen inhalt der quantentheoretischen kinematik und mechanik. *Zeitschrift für Physik*, v. 43, n. 3-4, p. 172–198, 1927.

KRANE, K. S. *Modern Physics*. [S.l.]: Wiley, 1983.

KUHN, T. S. *The Structure of Scientific Revolutions*. [S.l.]: University of Chicago Press, 1962.

LUCAS M. A. O.; MACHADO, F. M. C. G. A influência do pensamento de herbert spencer em rui barbosa: a ciência na criação da escola pública brasileira. *Educação em Foco*, 2002.

MAYER, R. E. Cognitive theory and the design of multimedia instruction: An example of the two-way street between cognition and instruction. *New Directions for Teaching and Learning*, 2002.

MICHELSON A. A.; MORLEY, E. W. On the relative motion of the earth and the luminiferous ether. *American Journal of Science*, 1887.

MINKOWSKI, H. Die grundgleichungen für die elektromagnetischen vorgänge in bewegten körpern. *Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse*, p. 53–111, 1908.

MOREIRA, M. *Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos*. [S.l.]: ed. São Paulo: Moraes, 1995.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 1997.

MOREIRA, M. A. *Teoria da aprendizagem significativa: Implicações para o ensino*. [S.l.]: São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1998.

MOREIRA, M. A. Abstração reflexionante e educação em ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2000.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no brasil: Retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2000.

MOREIRA, M. A. Métodos de ensino em física: Uma abordagem crítica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 2002.

MOREIRA, M. A. A filosofia da física e o ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2003.

MOREIRA, M. A. O papel da matemática no ensino de física. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 2005.

MOREIRA, M. A. Experimentação no ensino de física moderna. *Revista Brasileira de educação em ciências*, 2009.

MOREIRA, M. A. A utilização de recursos audiovisuais no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2013.

NETO, J. A. d. S. P. Teoria da aprendizagem significativa de david ausubel: perguntas e respostas. *Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB*, 2006.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 2000.

PARADELLA, A. M. O uso do vídeo como método de ensino e recurso didático. *Revista Inova Educação*, 2020.

PECCINI, G. M. *Uma dedução alternativa às transformações de Lorentz e o relativismo do tempo na relatividade restrita*. Dissertação (Mestrado) — UFRGS, 2015.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. d. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. teoria_da_aprendizagem.

PLANCK, M. Zur theorie des gesetzes der energieverteilung im normalspectrum. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, v. 2, n. 17, p. 237–245, 1900.

PLANCK, M. Über das gesetz der energieverteilung im normalspektrum. *Annalen der Physik*, 1901.

RENSKY, M. Enhancing student engagement through the use of video technology in education. *Journal of Educational Media*, 2001.

ROCHA A. N.; RIZZUTI, B. F. M. D. S. Transformações de galileu e de lorentz: um estudo via teoria de grupos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2014.

RODRIGUES ERNANI VASSOLER ; LAVINO, D. Modelagem no ensino de física via produção de stop motion, com o computador raspberry pi. *REVISTA BRASILEIRA DO ENSINO DE FÍSICA*, 2019.

RODRIGUES, R. Geração de energia elétrica a partir de fonte renovável é recorde em 2022. 2022.

ROSA, C. W. D.; ROSA, B. D. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. *Revista Iberoamericana de Educación*, v. 58, n. 2, p. 1–24, fev. 2012. ISSN 1681-5653, 1022-6508. Disponível em: <<https://rieoei.org/RIE/article/view/1446>>.

SALES, J. H. Transformações de lorentz na frente de luz. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2020.

SCHRÖDINGER, E. An undulatory theory of the mechanics of atoms and molecules. *Physical Review*, 1926.

SCHRÖDINGER, E. The present situation in quantum mechanics. *Die Naturwissenschaften*, 1935.

SHANKAR, R. *Principles of Quantum Mechanics*. [S.l.]: Springer, 1994.

SILVA A.; SCHIRLO, P. A aprendizagem significativa na diferenciação progressiva. *Revista de Educação Contemporânea*, 2014.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. *Modern physics*. 6th ed. ed. New York: W.H. Freeman, 2012. ISBN 978-1-4292-5078-8.

WELNBERG, S.; MARCH, R. H. *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe*. *Physics Today*, v. 31, n. 6, p. 53–54, jun. 1978. ISSN 0031-9228, 1945-0699. Disponível em: <<https://pubs.aip.org/physicstoday/article/31/6/53/432045/The-First-Three-Minutes-A-Modern-View-of-the>>.



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

Felipe Mateus dos Santos Costa

O USO DE VÍDEOS COMO PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA

TERESINA

2024

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. OBJETIVO.....	5
3. ORIENTAÇÕES INICIAIS.....	5
4. APRESENTAÇÃO DO PLANO A SER SEGUIDO.....	6
5. TESTE DIAGNÓSTICO.....	7
6. UTILIZANDO VÍDEOS.....	8
6.1 EXPERIÊNCIA DE MICHAELSON E MORLEY.....	8
6.2 RELATIVIDADE GERAL E RESTRITA.....	9
6.3 BURACOS NEGROS.....	10
6.4 ONDAS GRAVITACIONAIS:.....	10
6.5 FÍSICA QUÂNTICA APLICADA.....	12
6.6 TEORIAS ATÔMICAS.....	13
6.7 O GATO DE SCHRÖDINGER.....	14
7. APRESENTAÇÃO DE SEMINÁRIOS.....	15
8. REFERÊNCIAS:.....	16

Índice de figuras

Figura 1: representação do interferômetro.....	8
Figura 2: representação do interferômetro utilizando representação de ondas.....	8
Figura 3: Experiencia mental proposta por Einstein.....	9
Figura 4: Dialogo entre Einstein e Michele.....	9
Figura 5: Representação do pensamento de como seria o espaço proposto por Einstein.....	9
Figura 6: Representação da primeira ideia de corpos massivos.....	10
Figura 7: Representação de como seria se uma pessoa caísse em um buraco negro.....	10
Figura 8: Fotos que demonstra buracos negros.....	10
Figura 9: Explicação de horizonte de eventos.....	11
Figura 10: Imagem da colisão entre buracos negros.....	11
Figura 11: Imagens do LIGO e resultados sobre buracos negros.....	11
Figura 12: Explicação de horizonte de eventos.....	12
Figura 13: Representação do spin.....	12
Figura 14: Explicação do Principio de Heisenberg.....	12
Figura 15: Representação Atômica.....	13
Figura 16: Representação do espectro de emissão do hidrogênio.....	13
Figura 17: Explicação da superposição quântica.....	14
Figura 18: Explicação do gato de Schrödinger.....	14

1. INTRODUÇÃO

Ensino de Física Moderna, que inclui temas como a teoria da relatividade, mecânica quântica e física de partículas, apresenta desafios únicos devido à complexidade e à abstração desses conceitos. Utilizar vídeos como recurso didático pode ser extremamente benéfico para superar essas dificuldades, oferecendo uma forma visual e interativa de aprender. Berk (2009) argumenta que vídeos podem capturar a atenção dos estudantes de maneira mais eficaz do que as aulas tradicionais, especialmente em tópicos que os alunos podem achar difíceis ou abstratos. Simulações computacionais e animações são particularmente úteis para demonstrar fenômenos da Física Moderna. Por exemplo, vídeos que mostram a interferência de ondas em experimentos de dupla fenda podem ajudar a entender a dualidade onda-partícula.

Neste produto educacional será apresentado os vídeos e resumos de cada um, como será utilizado em sala de aula e deixar sugestões aos professores com um plano de curso, o qual foi utilizado nesse projeto. A estruturação do plano segue o contexto histórico e organizado de forma que os conteúdos tenham uma ordem de compreensão, facilitando a assimilação por aprendizagem significativa. O conhecimento dos subsunçores é extremamente relevante para nossos estudos e adaptações a serem feitas pelo professor que optar por utilizar este projeto. Logo a roda de conversa é parte integrante e essencial, fugindo dos tradicionais testes diagnóstico que são provas onde pode-se analisar a escrita ou o cálculo do aluno. E finalizando com os vídeos e apresentações essenciais para uma dinâmica nessa atividade.

2. OBJETIVO

Verificar a eficácia e a eficiência do uso de vídeos em sala de aula, principalmente quando trata-se de Física moderna, onde devido a ser abstrato alguns conceitos e dificuldade de demonstração experimental, torna-se sua aplicação algo difícil na educação brasileira.

3. ORIENTAÇÕES INICIAIS

Com o objetivo de servir de suporte a outros professores que venham utilizar este produto educacional, pode-se enfatizar que o conhecimento prévio dos alunos e o mínimo de entendimento da Física clássica é necessário para que este produto tenha resultado esperado. Aconselha-se que uma pequena revisão das leis de Newton, focando no referencial inercial, na constante absoluta, o tempo, e relembrando conceitos de energia.

Os vídeos utilizados neste trabalho, são retirados de canais de YouTube onde produzem divulgação científica. Este trabalho também abre portas estudos em outras áreas, como a produção dos próprios vídeos, estimular o corpo discente a produzirem os vídeos, e vários outros que dependerá da criatividade do discente.

Demais orientações mais específicas e sugestões será repassadas nos tópicos posteriores.

4. APRESENTAÇÃO DO PLANO A SER SEGUIDO

A tabela a seguir demonstra os conteúdos a serem lecionados em sala de aula. Ao analisar a vasta quantidade de conteúdo a ser abordado, optou-se por estes por conta construção histórica dos conceitos, obviamente não conseguiremos ser fiel a tal situação, mas o mais próximo possível, de forma que os discentes possam perceber o caminho seguido pela ciências para chegar aos conceitos finais.

Temas	Quantidades de aulas
Mecânica Newtoniana e suas validades	1 aula
Éter e a experiencia de Michaelson - Morley	1 aula
Velocidade da Luz Constante e Conceito de espaço tempo	1 aulas
1905 - O ano miraculoso de Einstein	1 aula
Relatividade Restrita e Relatividade Geral	1 aula
Dilatação do tempo e contração do espaço – paradoxo dos gêmeos.	1 aula
Ondas gravitacionais e buracos negros	1 aula
Buracos negros	1 aula
Viagem no tempo e equação $E=mc^2$	1 aula
Catástrofe ultravioleta	1 aula
Princípio da incerteza de Heisenberg	1 aula
Teoria atômica de Schrödinger	1 aula
O gato de Schrödinger, teoria da ressonância	1 aula
Apresentação de Seminários	2 aulas

5. TESTE DIAGNÓSTICO

Partindo da teoria da aprendizagem significativa o conhecimento prévio dos alunos é algo necessário a ser entendido. Partindo desse pressuposto realizar uma roda de conversa e da a liberdade do aluno se expressar da melhor forma, ou da forma que ele se achar confortável. A seguir as perguntas utilizadas nesse primeiro momento, mediados pelo professor e atentos a cada termo utilizado.

- a) As leis de newton, servem para tudo existente ou pode apresentar situações que não é respondida pela mecânica newtoniana?
- b) Quais cientistas vocês conhecem? Conhecem Albert Einstein? Se sim quem foi ele?
- c) Vocês conhecem a teoria da relatividade? O que ela quer dizer?
- d) conhecem o paradoxo dos gêmeos? O que diz esse paradoxo?
- e) o que é um buraco negro?
- f) É possível viajar a velocidade da luz? E viagem no tempo, é possível?
- g) você conhece a experiência do gato de Schrödinger? O que ela quer dizer?

As perguntas foram bem diretas, pois como se trata de algo novo, a ideia é prender a atenção e a curiosidade dos alunos.

6. UTILIZANDO VÍDEOS

Os vídeos desempenham vários papéis nesse trabalho, mostrar uma experiência, apresentar conceitos e curiosidades históricas, apresentar dinamismo, ser algo fora da fala, apenas, do professor apresentando mídias, o que consegue estimular a imaginação do aluno. A seguir apresentaremos um quadro com os vídeos e temas bem como a descrição de cada.

Assunto das aulas	Vídeos	Canal do you tube
Experiencia de Michaelson – Morley	Interferômetro de Michaelson	Amplitude do laser
Relatividade restrita e relatividade geral	Genius – explicação da relatividade restrita e geral	Educação científica IFSP - Caraguatatuba
Buracos negros	Buracos negros explicados Buracos Negros/ Nerdologia	Ciências todo dia Nerdologia
Ondas gravitacionais	Ondas gravitacionais/ Nerdologia	Nerdologia
$E=mc^2$	O que $E=mc^2$ significa?	Ponto em comum
Mecânica quântica	Física Quântica explicada	Ciências todo dia
Teorias atômicas	Uma breve historia do átomo	Ciências todo dia
Gato de Schrödinger	O Gato de Schrödinger explicado	Ciências todo dia

6.1 EXPERIÊNCIA DE MICHAELSON E MORLEY

Este vídeo foi utilizado para mostrar uma experiência que seria extremamente difícil demonstrar em sala e até em laboratório por tamanha complexidade e sensibilidade que a experiência propõe.

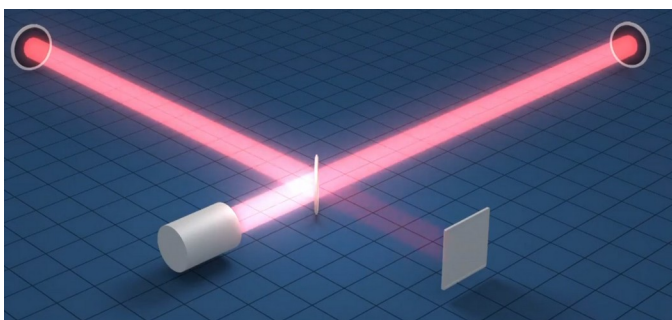


Figura 1: representação do interferômetro

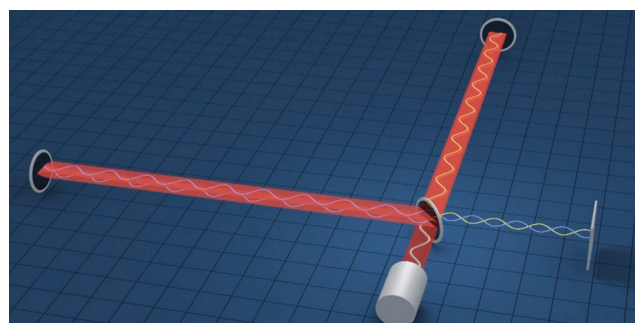


Figura 2: representação do interferômetro utilizando representação de ondas

A video demonstra como foi montada a experiência e os resultados esperados. Nesse contexto cabe ao professor explicar os detalhes, o por que dos resultados a serem esperados serem aqueles, e quais conclusões foram tomadas após a experiência. Apresentar uma curiosidade ou dado relevante

da experiência prende a atenção dos alunos e torna toda a dinâmica com mais fluência. Esta apresentação ainda demonstra como as ondas se associam e como os resultados seriam coletados pelos cientistas responsável.

6.2 RELATIVIDADE GERAL E RESTRITA

Este vídeo demonstra um diálogo de uma série de televisão chamada Genius, onde conta a história de personagens marcante na história da humanidade, produzida pela National Geographic. O diálogo está em torno do físico alemão Albert Einstein e o engenheiro italiano Michele Besso, amigo pessoal de Einstein. No diálogo é apresentado a experiência mental ao qual chega a conclusão que a velocidade da luz é constante, o que explica os resultados da experiência de Michaelson e Morley.



Figura 3: Experiencia mental proposta por Einstein



Figura 4: Dialogo entre Einstein e Michele

Na segunda parte do vídeo o diálogo sobre a gravidade o que nos leva a teoria da relatividade geral.



Figura 5: Representação do pensamento de como seria o espaço proposto por Einstein.

O professor pode apresentar o quanto isso altera as leis da física na época, o quanto é revolucionário a ideia e por que foi tão aceita. A utilização desse recurso não retira o professor de cena, ou seja, o professor terá grandes responsabilidades em cada apresentação, adicionando as utilizações e consequências. Neste caso o professor pode comentar sobre o tecido espaço-tempo,

como desenvolver o conceito de gravidade, os paradoxos que surgem diante dessa nova teoria, e varias outras situações.

6.3 BURACOS NEGROS

Neste tópico apresenta-se dois vídeos como já visto no quadro anteriormente, os dois apesar de tratar do mesmo assunto, o abordam em dinâmicas diferentes, o video do canal ciências todo dia é mais explicativo de uma forma geral, trás conceitos e construção histórica dos mesmo, a este é aconselhado utilizar para introduzir o conteúdo.

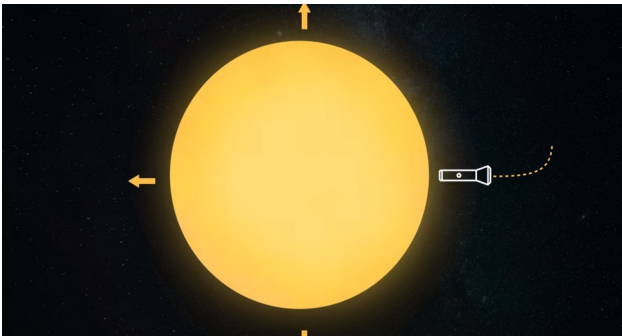


Figura 6: Representação da primeira ideia de corpos massivos.

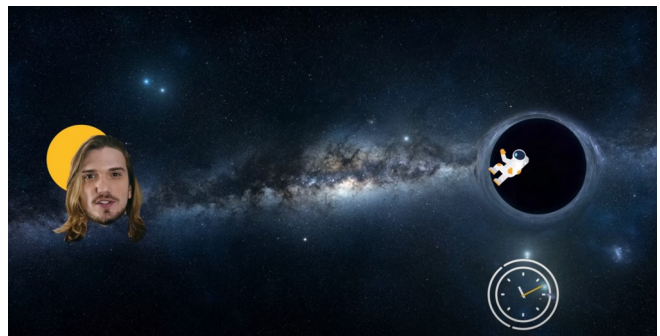


Figura 7: Representação de como seria se uma pessoa caísse em um buraco negro

á o segundo vídeo aprofunda os conceitos trazendo nomenclaturas e detalhes mais técnicos presente, termos que permitem compreender características mais profundas do que é um buraco negro. Apresenta também curiosidades e momentos históricos. O vídeo do canal Nerdologia é orientado para finalizar a aula, como algo que fortaleça o que foi ensinado.



Figura 8: Fotos que demonstra buracos negros

6.4 ONDAS GRAVITACIONAIS:

A este tópico o vídeo utilizado trás um contexto histórico e explicações com palavras bem simples que facilitam o entendimento desses fenômenos tão atraentes. Esta apresentação é muito mais descritiva, para esse ponto o professor apresenta situações específicas de dentro do próprio vídeo. Podendo parar a apresentação e perguntar se os alunos estão compreendendo e ir mantendo esse contato para um melhor aproveitamento.



Figura 10: Imagem da colisão entre buracos negros

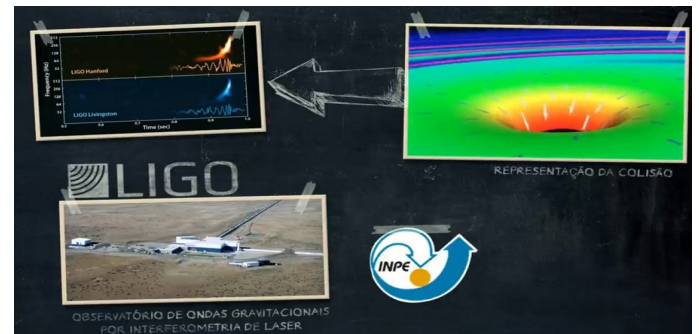


Figura 11: Imagens do LIGO e resultados sobre buracos negros



Figura 9: Explicação de horizonte de eventos

As imagens acima demonstram a quantidade de informação interessante que será repassada, o que levará aos alunos a muita curiosidade.

6.5 FÍSICA QUÂNTICA APLICADA

O vídeo do ciências todo dia trás um resumo do que é a mecânica quântica, de onde surge e como surge. Essa abordagem histórica é fundamental, pois aqui é apresentado a situação no momento das descobertas e as curiosidades que é mostradas nas apresentações. O professor tem total liberdade para acrescentar algo que seja interessante e que possa estimular, ainda mais, o senso critico dos discentes.

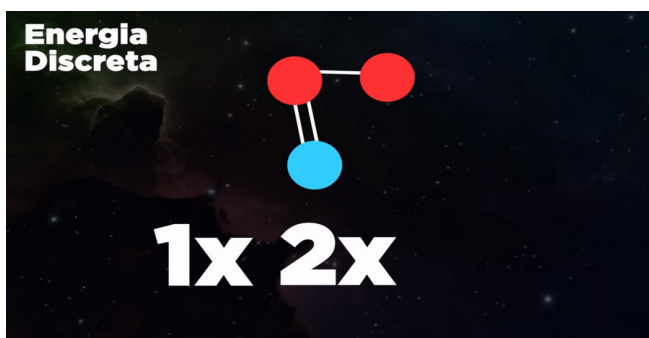


Figura 12: Explicação de horizonte de eventos

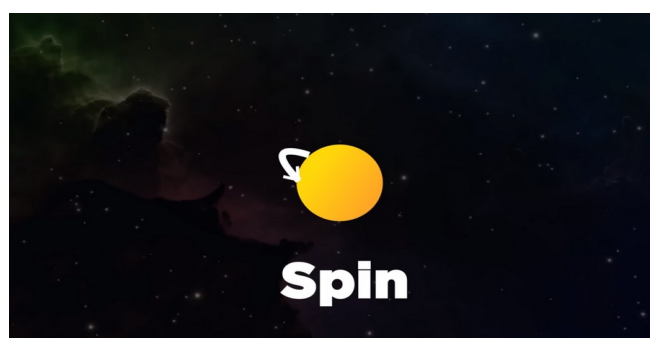


Figura 13: Representação do spin

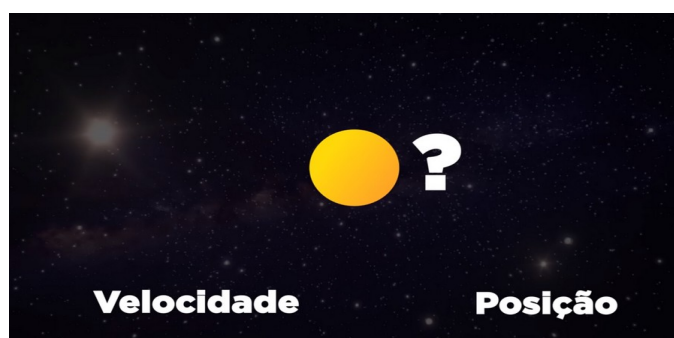


Figura 14: Explicação do Princípio de Heisenberg

As figuras mostram alguns dos conceitos iniciais explicados neste vídeo, com a dinamicidade que é tratado o conteúdo, fica mais organizado na estrutura cognitiva dos estudantes e assim proporcionais uma aprendizagem de forma significativa.

6.6 TEORIAS ATÔMICAS

Nessa etapa o canal Ciências Todo Dia traça a evolução do conceito de átomo desde a antiguidade até os dias atuais. Começa com as ideias de Demócrito e Leucipo, que propuseram a existência de partículas indivisíveis chamadas átomos. Avança para os modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, explicando suas contribuições e experimentos. O vídeo também

aborda a mecânica quântica e o modelo de Schrödinger, destacando como a compreensão do átomo evoluiu com o tempo.

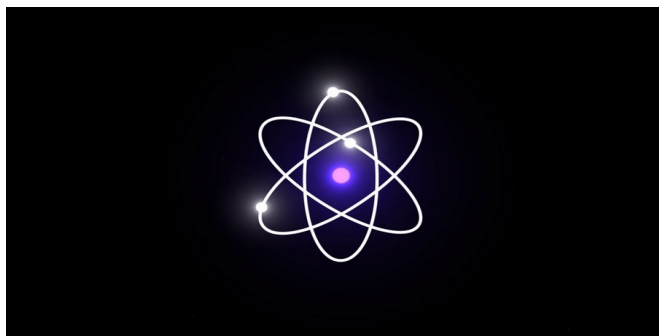


Figura 15: Representação Atômica

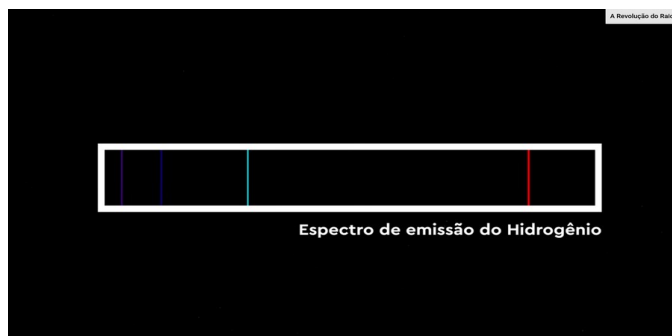


Figura 16: Representação do espectro de emissão do hidrogênio

As imagens demonstram algumas teorias que são apresentadas na história contada e aqui cabe ressaltar a interdisciplinaridade com a química, mostrar como as disciplinas andam juntas já que fazem parte da ciências da natureza. Essa contextualização entre duas ou mais disciplinas é muito incentivado para que em sala seja realizado.

6.7 O GATO DE SCHRÖDINGER

O vídeo aborda o famoso experimento mental proposto pelo físico austríaco Erwin Schrödinger em 1935 para ilustrar os paradoxos da mecânica quântica. Schrödinger imaginou um gato trancado em uma caixa com um dispositivo que tem 50% de chance de liberar veneno com base na desintegração de um átomo radioativo. Enquanto a caixa estiver fechada, o gato está simultaneamente vivo e morto até que alguém a abra e observe o estado do gato. Além disso ele apresenta experimento foi criado para criticar a interpretação de Copenhague, que sugere que partículas subatômicas podem existir em múltiplos estados ao mesmo tempo até serem observadas. Além de implicações filosóficas e os debates que houve nesse período, lembrando a celebre frase de Einstein: “Deus não joga dados com o universo” e a resposta de Bohr: “ não diga a Deus o que fazer”.



Figura 17: Explicação da superposição quântica



Figura 18: Explicação do gato de Schrödinger

7. APRESENTAÇÃO DE SEMINÁRIOS

Os seminários, como método de avaliação da aprendizagem, oferecem uma série de benefícios que contribuem significativamente para o desenvolvimento educacional dos estudantes. Segundo um estudo de King (2002), essa prática ajuda os estudantes a organizar suas ideias de forma coerente e a apresentar argumentos de maneira clara e eficaz. Assim a escolha dessa forma de avaliação partiu da ideia de aluno poder expressar o que realmente aprendeu.

Outros benefícios do uso do seminário é Os seminários fornecem uma oportunidade para avaliações formativas, onde os professores podem identificar as áreas em que os alunos estão se destacando e aquelas que precisam de melhorias. Black e Wiliam (1998) destacam a importância do feedback imediato para a melhoria contínua da aprendizagem.

Os seminários como método de avaliação da aprendizagem oferecem múltiplos benefícios, incluindo o desenvolvimento de habilidades de comunicação, promoção do aprendizado ativo, incentivo à colaboração e fornecimento de feedback formativo. Esses fatores juntos contribuem para uma educação mais completa e eficaz, preparando os alunos para desafios acadêmicos e profissionais futuros.

8. REFERÊNCIAS:

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7-74.

Berk, R. A. (2009). Multimedia teaching with video clips: TV, movies, YouTube, and mtvU in the college classroom. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 5(1), 1-21.

King, P. M. (2002). Learning to Make Reflective Judgments. *New Directions for Teaching and Learning*, 2002(88), 15-26.